

# **PROTOTYPE KINCIR ANGIN SUMBU VERTIKAL SAVONIUS DENGAN PENAMBAHAN WIND DEFLECTOR**



Skripsi

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Sains (S.Si) Jurusan Fisika pada Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Alauddin Makassar

Oleh:

**M. ARIF USMAN**

NIM. 60400112001

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UIN ALAUDDIN MAKASSAR**

**2019**

## **PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Dengan penuh kesadaran penulis yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah benar hasil karya tulis sendiri. Jika dikemudian hari terbukti bahwa ini merupakan duplikat, tiruan, plagiat atau dibuat oleh orang lain, sebagian atau seluruhnya maka skripsi dan gelar yang diperoleh karenanya batal oleh hukum yang berlaku.

Makassar, 29 Agustus 2019

Penulis

M. Arif Usman  
60400111065



## PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi yang berjudul, "Prototipe Kincir Angin Sumbu Vertikal Savonius Dengan Penambahan Wind Deflector" yang disusun oleh **M. Arif Usman**, NIM : **60400112001**, mahasiswa Jurusan Fisika pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar, telah diuji dan dipertahankan dalam Ujian Munaqasyah yang diselenggarakan pada hari Kamis, tanggal 29 Agustus 2019, dinyatakan telah dapat diterima sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana dalam ilmu Sains, Jurusan Fisika.

Makassar, 29 Agustus 2019  
28 Dzulhijjah 1440 H

### DEWAN PENGUJI

Ketua : Prof.Dr. Muh. Halifah Mustami, M.Pd (.....)

Sekretaris : Ihsan, S.Pd., M.Si (.....)

Munaqisy I : Nurul Fuadi, S.Si., M.Si (.....)

Munaqisy II : Prof. Dr. H. Arifuddin M.Ag (.....)

Pembimbing I : Sahara, S.Si., M.Sc., Ph.D (.....)

Pembimbing II : Muh. Said L, S.Si., M.Pd (.....)

Diketahui Oleh:

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Alauddin Makassar

Prof. Dr. Muhammad Khalifah, M.Pd  
NIP.19710412 200003 1 001

## KATA PENGANTAR



Alhamdulillahirobbil'alamin, tidak kata yang pantas diucapkan oleh lisan seorang hamba kecuali rasa syukur kepada Allah swt, dengan rahmat dan pertolongan-Nya skripsi dengan judul “Prototipe Kincir Angin Sumbu Vertikal Savonius dengan Penambahan Wind Deflector” dapat diselesaikan sesuai dengan rencana. Dialah Dzat yang memberikan kita karunia, rahmat, banyak nikmat yang tidak pernah putus yang masih bisa kita rasakan sampai sekarang ini. Shalawat serta salam kita curahkan kepada manusia terbaik sepanjang sejarah manusia, sang *khatamulanbiya*’ Muhammad SAW, beserta keluarga, sahabat, dan seluruh umat yang senantiasa berpegang teguh menapaki risalahnya yang pari purna hingga akhir jaman. Amma ba’du

Sebagai ungkapan kebahagiaan dan suka cita penulis haturkan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada ayahanda tercinta **Usman, S.Pd** serta ibunda tercinta **St. Aminah** yang tiada henti-hentinya dan tak kenal lelah memberikan dukungan dan motivasi, selalu menghadirkan nama penulis dalam setiap munajat doa beliau dengan tulus disetiap saat dan kasih sayang dalam bentuk moril dan matrial. Tidak ada satupun yang dapat penulis berikan untuk menggantikan pengorbanan beliau selain ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya dan sebesar besarnya kepada beliau atas dampingan dan bimbingannya dalam menapaki muara kehidupan dan pengalaman hidup, tak lupa pula penulis ucapkan terima kasih kepada masyarakat dusun Empoang Kecamatan Binamu Kabupaten

Jeneponto atas dukungannya selama penelitian berlangsung, semoga Allah swt melimpahkan rahmat dan hidayahnya kepada mereka. Amin

Ungkapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada ibu **Sahara, S.Si.,M.Sc.,Ph.D** selaku pembimbing pertama dan bapak **Muh. Said L, S.Si.,M.Pd** selaku pembimbing kedua atas keikhlasan dalam meluangkan waktu dan kesabaran kepada penulis serta memberikan petunjuk dan saran dalam segala pemikiran telah membantu sejak pengajuan proposal penelitian hingga penyusunan skripsi ini selesai.

Tidak lupa pula penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Sahara, S.Si., M.Sc., Ph.D selaku ketua jurusan sekaligus pembimbing akademik jurusan Fisika fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar
2. Bapak Ihsan, S.Pd., M.Si selaku sekretaris jurusan Fisika fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar
3. Bapak/ibu dosen dan staf jurusan Fisika fakultas Sains dan Teknologi Universitas Negeri Alauddin Makassar
4. Angkatan 2014, 2015 dan 2016 jurusan Fisika fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar
5. Teman-teman KKN angkatan ke-59 desa Julumate'ne Univesritas Islam Negeri Makassar

Dan saudara-saudara dan adik-adikku terima kasih banyak atas motivasi dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis. Penulis menyadari bahwa

skripsi ini masih banyak kekurangan dan kelemahan, namun besar harapan kiranya dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya jurusan Fisika.

Makassar, 29 Agustus 2019

Penulis

M. Arif Usman



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Pendahuluan .....	1
B. Rumusan Masalah .....	5
C. Tujuan Penelitian.....	6
D. Manfaat Penelitian.....	6
E. Ruang Lingkup Penelitian.....	7
<b>BAB II TINJAUAN TEORETIS</b>	
A. Pengertian Energi Angin .....	9
B. Potensi Energi Angin.....	10
C. Energi Angin Di Indonesia.....	11
1. Turbin Angin .....	13
2. Wind Deflector .....	18
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	20

B. Alat dan Bahan penelitian .....	20
C. Prosedur Penelitian.....	21
D. Tabel Pengamatan .....	23
E. Bagan Alir .....	25
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Tabel Pengamatan .....	23
B. Tabel Pengamatan .....	23
<b>BAB V PENUTUP</b>	
A. Kesimpulan.....	43
B. Saran.....	44
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>45</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>L1</b>



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
<b>2.1 Data Potensi Energi Angin Pada Beberapa Wilayah di Indonesia</b>	<b>13</b>
<b>4.1 Data Kinerja Turbin Tanpa Menggunakan Deflector.....</b>	<b>34</b>
<b>4.2 Data Kinerja Turbin Menggunakan Deflector A.....</b>	<b>36</b>
<b>4.3 Data Kinerja Turbin Menggunakan Deflector B.....</b>	<b>39</b>



## DAFTAR GAMBAR

<b>Nama Gambar</b>	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 2.1 Kecepatan Angin Global di Indonesia .....</b>	<b>12</b>
<b>Gambar 2.2 Jenis-jenis Turbin Angin.....</b>	<b>14</b>
<b>Gambar 2.3 Perbedaan Kontruksi VAWT dan HAWT.....</b>	<b>15</b>
<b>Gambar 2.4 Tipe-tipe Vertical Wind Axis Turbine (VAWT).....</b>	<b>16</b>
<b>Gambar 2.5 Bentuk Rotor Savonius.....</b>	<b>17</b>
<b>Gambar 2.6 Skema Aliran Angin Turbin Angin Savonius .....</b>	<b>17</b>
<b>Gambar 2.7 Konsep Penggunaan Wind Deflector .....</b>	<b>19</b>
<b>Gambar 3.1 Desain Awal Turbin.....</b>	<b>22</b>
<b>Gambar 4.1 Hasil Rancangan Prototipe Kincir Angin Savonius .....</b>	<b>27</b>
<b>Gambar 4.2 Seng Galvanis Flat .....</b>	<b>28</b>
<b>Gambar 4.3 Rangka Kincir Pada Turbin.....</b>	<b>29</b>
<b>Gambar 4.4 Contoh Bearing .....</b>	<b>30</b>
<b>Gambar 4.5 Gear yang digunakan .....</b>	<b>32</b>
<b>Gambar 4.6 Variasi Deflector A dan Deflector B .....</b>	<b>33</b>
<b>Gambar 4.7 Turbin Dengan Penggunaan Deflector .....</b>	<b>33</b>

## **DAFTAR LAMPIRAN**

**No**

- 1. Grafik Kinerja Turbin**
- 2. Dokumentasi**



## ABSTRAK

Nama : M. Arif Usman  
NIM : 60400112001  
Judul : **Prototipe Kincir Angin Sumbu Vertikal Savonius Dengan Penambahan Wind Deflector**

---

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh wind deflector terhadap kinerja turbin angin dalam menghasilkan tegangan dan daya listrik. Dalam penelitian ini menggunakan 3 variasi, yaitu turbin angin tanpa deflector, turbin dengan deflector A dan turbin dengan deflector B. Hasil Penelitian berdasarkan parameter yang diukur menunjukkan kinerja yang dihasilkan tanpa penambahan deflector menghasilkan output tegangan sebesar 2,49 V dan besar daya 0,54 W pada kecepatan angin 6,3 m/s, rata-rata torsi yang dihasilkan generator sebesar 147,7 RPM. Deflector A menghasilkan tegangan 2,87 V pada kecepatan angin 6,4 m/s dengan besar daya listrik sebesar 0,63 W dengan torsi maksimal sebesar 373 RPM, sedangkan deflector B menghasilkan tegangan sebesar 1,88 V dan daya listrik sebesar 0,41 W pada kecepatan angin 6,1 m/s, rata-rata torsi yang dihasilkan generator sebesar 120,9 RPM.

**Kata Kunci:** Angin, Tegangan, Arus, Daya, Turbin, Torsi, Savonius, Wind Deflector.



## ABSTRAK

Name : M. Arif Usman

NIM : 60400112001

Research Title : **A Prototipe of Savonius Vertical Axis Wind Turbine Using Wind Deflector**

---

The purpose of this research is to determine how much wind deflector affected at wind turbine performance to produce electrical voltage and power. This research using 3 type of samples, that is wind turbine without using a deflector, wind turbine with deflector A, and wind turbine with deflector B. The result of this research based on measured variable showed that the performance by wind turbine without using a deflector produced 2,49VDC voltage and 0,54W electrical power at 6.3 m/s of wind velocity. Deflector A produce voltage 2,87VDC at 6,4 m/s of wind velocity with electrical power is 0.63W and max torque is 373 RPM. However lowest performance showed by using deflector B that produced 1,88VDC voltage and 0,41W electrical power at 6.1 m/s of wind velocity and torque at generator gives 120,9 RPM.

**Kata Kunci:** Wind, Voltage, Electric Current, Electrical Power, Turbine, Torque, Savonius, Wind Deflector.



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Dalam peradaban manusia selalu diiringi dengan adanya kemajuan, kemajuan ini dalam berbagai aspek selalu diikuti oleh meningkatnya tingkat konsumsi energi, meningkatnya konsumsi energi ini berhubungan langsung dengan tingkat kehidupan penduduk serta kemajuan industrilalisasi. Sejak era revolusi industri hingga sekarang, penggunaan bahan bakar meningkat secara pesat yang membuat ketersediaan sumber energi fosil seperti minyak bumi dan gas semakin menipis. Energi fosil itu sendiri adalah sumber energi yang keberadaannya didapat dari eksploitasi alam yang tidak akan tersedia dalam jangka waktu yang lama jika terus dieksploitasi secara *massive*, oleh sebab itu diperlukan sumber energi baru yang dapat memenuhi kebutuhan manusia khususnya pada kebutuhan energi listrik yang saat ini menjadi salah satu kebutuhan primer manusia.

Sumber energi yang saat ini dibutuhkan umat manusia adalah sumber energi yang dapat diperbaharui atau dalam artian lain energi tersebut ramah lingkungan dan tidak memberikan dampak negatif berupa kerusakan terhadap lingkungan melainkan memanfaatkan sumber-sumber energi dari alam itu sendiri. Tentunya energi ini akan mengurangi kebutuhan penggunaan energi fosil yang sangat berdampak negatif terhadap lingkungan, baik secara langsung maupun tidak langsung, seperti pemanasan global yang berdampak pada kerusakan ekologi dan

ekosistem alam. Oleh karena hal tersebut untuk mengurangi ketergantungan manusia terhadap kebutuhan energi fosil, maka perlu dilakukan konversi, konservasi dan pengembangan sumber-sumber energi baru yang terbarukan. Salah satu pemanfaatan energi terbarukan yang saat ini memiliki potensi besar untuk dikembangkan adalah energi angin. Energi angin itu sendiri merupakan sumber energi yang bersih dan dalam prosesnya tidak akan memberikan dampak negatif terhadap lingkungan.

Angin bertiup mengikuti perintah-Nya dan setelah mendapatkan izin dari-Nya, dia tidak bisa datang ataupun pergi baik di waktu pagi maupun sore kecuali dengan seizin Tuhannya yang merupakan zat yang mengatur dirinya. Terkadang dia datang membawa kabar gembira dan rahmat Allah SWT, dan di waktu lain dia membawa adzab dan hukuman Allah SWT, segala urusan ada ditangan-Nya. Oleh karena itu sudah sepantasnya seorang hamba mengambil pelajaran dari keberadaan angin. Dengan angin, seorang hamba dapat mengetahui betapa agung-Nya Allah SWT, zat yang mengatur angin.

Angin adalah tanda kekuasaan Allah bagi orang-orang yang berakal dan mengambil manfaat dari salah satu karunia yang telah diberikan, salah satunya adalah dengan memanfaatkan angin ini menjadi salah satu sumber energi yang dapat digunakan untuk keperluan umat manusia.

Sebagaimana dalam Al-Quran Surah Ar-Ruum/30: 46. Dikatakan bahwa angin adalah salah satu bukti nyata keesaan-Nya, angin adalah makhluk yang diatur dan diperintahkan.

وَمِنْ ءَايَاتِهِ أَنْ يُرْسِلَ الرِّيَّاحَ مُبَشِّرَاتٍ وَلِيُذِيقَكُمْ مِنْ رَحْمَتِهِ وَلِتَجْرِيَ الْفُلُكُ

بِأَمْرِهِ وَلِتَبْتَغُوا مِنْ فَضْلِهِ وَلَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ ﴿٤٦﴾

Artinya:

“Dan di antara tanda-tanda kekuasaan-Nya adalah bahwa dia mengirimkan angin sebagai pembawa berita gembira dan untuk merasakan kepadamu sebagian dari Rahmat-Nya dan supaya kapal dapat berlayar dengan perintah-Nya dan (juga) supaya kamu dapat mencari karunia-Nya. Mudah-mudahan kamu bersyukur” (QS. Ar-Ruum :46)

Menurut Tafsir Al-Misbah, Diantara tanda-tanda kekuasaan Allah dan kasih sayang-Nya adalah bahwa Dia mengirimkan angin sebagai pemberi kabar gembira berupa turunnya hujan yang akan menyirami dan untuk memberikan kalian berbagai manfaat dari keluasan nikmat-Nya, yaitu dengan menumbuhkan segala macam tumbuhan dengan hujan itu. Juga agar bahtera dapat berlayar di air (laut) dengan perintah dan kekuasaan-Nya. Selain itu, juga agar kalian dapat mencari rezeki dari karunia-Nya dengan berdagang dan mempergunakan apa-apa yang ada di darat dan di laut. Serta agar kalian bersyukur kepada Allah atas nikmat-nikmat-Nya dengan cara taat dan beribadah kepada-Nya semata. Karunia inilah yang harus diolah dan digunakan untuk kebutuhan umat manusia pada umumnya.

Sayangnya, pemanfaatan energi angin di Indonesia saat ini masih tergolong sangat rendah. Salah satu penyebabnya adalah kecepatan angin rata-rata nasional masih tergolong sebagai wilayah dengan kecepatan angin yang berkisar antara 3 m/s sampai 5 m/s. Namun pada beberapa wilayah di Indonesia memiliki kecepatan angin yang sangat tinggi, dan memungkinkan pengembangan dan



pemanfaatan energi angin baik dalam skala kecil maupun dalam skala besar, seperti pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Angin).

Saat ini pembangkit listrik yang memanfaatkan tenaga angin mulai dibangun pada beberapa wilayah di Indonesia yang memiliki potensi angin yang cukup besar, diantaranya Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) di Kabupaten Sidenreng Rappang dan Kabupaten Jeneponto, dimana kedua Kabupaten tersebut terletak di Provinsi Sulawesi Selatan yang memiliki potensi angin tahunan yang relatif besar.

Pemanfaatan energi angin secara umum terbagi atas 2 (dua) kategori, yaitu menggunakan turbin angin dengan sumbu horizontal (*HAWT*) dan turbin angin sumbu vertikal (*VAWT*). Pada Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) menggunakan turbin angin sumbu horizontal (*HAWT*) yang telah mengalami pengembangan lebih banyak dibandingkan turbin angin sumbu vertikal (*VAWT*) yang pengembangannya masih minim dan kurangnya riset lebih lanjut tentang turbin dengan tipe tersebut, sehingga belum dapat dimanfaatkan pada skala yang lebih besar seperti pada PLTU yang menggunakan *HAWT*.

Penggunaan turbin angin dengan sumbu vertikal secara umum menggunakan turbin jenis Savonius. Rotor pada turbin ini memiliki torsi awal yang besar meskipun pada kecepatan angin rendah. Sejak ditemukan pada tahun 1922 oleh Sigurt J. Savonius, turbin Savonius banyak mengalami perkembangan dalam hal desain dan jenis rotor atau *blade*.

Secara umum turbin tipe Savonius terdiri 3 jenis blade, yaitu Savonius tipe L, tipe U dan tipe H. Rotor ini merupakan kombinasi dari profil datar dan lengkungan yang umumnya berbentuk seperempat lingkaran, angin yang menumbuk rotor akan mengalir ke bilah rotor lainnya melalui celah di pusat turbin, sehingga memberikan energi dorong tambahan pada bilah rotor yang lain. Namun ketiga blade ini masih perlu dilakukan pengembangan dan modifikasi agar lebih efisien dalam memaksimalkan torsi atau putaran pada rotor/*blade*. Dibutuhkan pengembangan lebih jauh pada jenis rotor Savonius dengan melakukan suatu modifikasi pada ketiga jenis rotor tersebut. Modifikasi ini dilakukan dengan mengkombinasikan ketiga jenis rotor tipe U, tipe L dan tipe H menjadi sebuah jenis rotor/*blade* yang baru untuk mendapatkan efisiensi energi angin yang maksimal.

Sebagai tindak lanjut dari penelitian diatas, maka perlu dilakukan riset lebih mendalam tentang jenis rotor Savonius pada kincir angin poros vertikal, maka atas dasar inilah dilakukan penelitian tentang **“Prototipe Kincir Angin Sumbu Vertikal Savonius dengan Penambahan Wind Deflector”**.

## **B. Rumusan Masalah Penelitian**

Rumusan Masalah pada penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Seberapa besar energi listrik yang dihasilkan protipe turbin angin sumbu vertikal Savonius dengan dan tanpa *wind deflector*?
- b. Bagaimana pengaruh variasi *wind deflector* terhadap kinerja pada prototipe kincir angin sumbu vertikal savonius?

### **C. Tujuan Penelitian**

Tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Menganalisis besar daya listrik yang dihasilkan oleh turbin angin sumbu vertikal Savonius dengan dan tanpa *Wind deflector*.
- b. Mengetahui pengaruh variasi *wind deflector* terhadap kinerja pada prototipe kincir angin sumbu vertikal savonius.

### **D. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat ditujukan kepada masyarakat dan pemerintah maupun para akademisi yaitu sebagai berikut:

1. Masyarakat
  - a. Memberikan informasi bahwa turbin angin merupakan energi alternatif untuk menghasilkan listrik sebagai pendukung listrik dari PLN.
  - b. Dapat mengetahui seberapa besar arus listrik yang dihasilkan pada turbin angin sumbu vertikal.
2. Pemerintah
  - a. Dapat menyediakan ruang bagi masyarakat untuk belajar membangun sumber-sumber energi alternatif khususnya turbin angin yang dapat dikembangkan sebagai penghasil listrik pengganti listrik PLN.
  - b. Dapat mengetahui perbandingan daya listrik yang dihasilkan oleh berbagai jenis turbin dan bladenya untuk memenuhi kebutuhan listrik Nasional.

### 3. Akademisi

- a. Sebagai awal pengembangan turbin angin sumbu vertikal yang dapat digunakan pada penelitian selanjutnya untuk menghasilkan sumber energi listrik alternatif terbarukan.
- b. Dapat mengetahui kinerja turbin angin sumbu vertikal yang dapat dibandingkan turbin angin jenis lain.

### E. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi dalam beberapa bagian yaitu:

- a. Fokus sasaran penelitian adalah kecepatan angin dan daya yang dihasilkan turbin angin sumbu vertikal Savonius dengan penambahan *Wind Deflector*.
- b. Yang dimaksud kinerja dalam penelitian ini adalah tegangan yang dihasilkan dan daya listrik diperoleh.
- c. Parameter yang diukur yaitu nilai output tegangan listrik pada generator (menggunakan avometer), besarnya arus yang mengalir (menggunakan avometer) dan kecepatan putar pada generator serta torsi yang dihasilkan turbin (menggunakan Tachometer) baik dengan menggunakan *Wind Deflector* maupun *Wind Deflector*.
- d. Model rangka yang digunakan terbuat dari besi dengan jumlah kaki (tumpuan) sebanyak tiga membentuk tripod dan memiliki lengan sebanyak dua buah (panjang 30 cm) yang dibentuk dengan sudut  $140^{\circ}$ , leher (panjang 40 cm) dan ekor (tempat generator) dengan panjang 30 cm.

- e. Rangka yang digunakan dari kincir angin sampai tumpuan (kaki rangka) memiliki ukuran tinggi sebesar 260 cm.
- f. Kincir yang digunakan sebanyak empat buah dengan model setengah lingkaran, terbuat dari seng Galvanis dengan tebalnya berukuran 0,8 mm, dimensi panjang dan lebar masing-masing 80 cm, dan 30, dan jari-jari setelah dilengkungkan sebesar 9 cm.
- g. Jari-jari veleg pada kincir digunakan sebanyak dua buah yang berfungsi sebagai poros putar dengan ukuran sebesar 24 cm
- h. Rantai (chain) yang digunakan terbuat dari besi (rantai sepeda), yang terpasang di *gear* pada kincir dengan diameter 16 cm.
- i. Generator yang digunakan adalah generator VDC 12 V dengan spesifikasi 12 V/800 rpm, 30 W.

## **BAB II**

### **TINJAUAN TEORITIS**

#### **A. Pengertian Energi**

Energi didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan usaha. Energi merupakan suatu besaran yang dapat membuat suatu benda melakukan usaha (Archi W. 1991: 03). Energi bersifat kekal yang artinya tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan, tetapi dapat diubah dari bentuk satu ke bentuk yang lain (Herlamban. 2007: 01). Dalam kehidupan sehari-hari energi merupakan kemampuan suatu benda untuk bergerak, maka benda tersebut dikatakan mempunyai energi (Archi W. 1991: 03). Sumber energi didunia sangat banyak dan tersebar dimana-mana, tetapi manusia hanya memanfaatkan sebagian sumber yaitu energi yang bersumber dari minyak bumi, bahan fosil dan gas alam, sedangkan masih banyak sumber energi lain yang bisa dimanfaatkan seperti sampah dedaunan, kayu, air, matahari, angin, tanaman-tanaman dan gelombang pasang yang masih sedikit sekali dimanfaatkan oleh manusia (Ajao. 2009: 04).

Menurut sumber yang didapat, energi terbagi menjadi 2, antara lain:

##### **1. Sumber Energi Tak Terbaharui**

Sumber energi tak terbaharui adalah sumber energi dari alam yang apabila digunakan secara terus-menerus dapat habis. Sumber energi ini yaitu bahan fosil, minyak bumi dan gas alam (Archi W. 1991: 03).

## 2. Sumber Energi Terbaharui

Sumber energi terbaharui merupakan sumber energi yang dapat dengan cepat diisi kembali oleh alam. Sumber energi ini berasal dari alam yang tersedia sangat melimpah yaitu air, angin, biomass, biogas dan energi matahari (Archi W. 1991: 03).

### ***B. Energi Listrik***

Energi listrik adalah energi yang dibutuhkan bagi peralatan listrik atau energi yang tersimpan dalam arus listrik dengan satuan amper (A) dan tegangan listrik dengan satuan Volt (V) dengan kebutuhan daya listrik satuan watt (W). Peralatan listrik dan alat elektronika memerlukan energi tegangan listrik yang sesuai dengan alat tersebut agar dapat digunakan. Energi listrik merupakan salah satu energi yang paling banyak digunakan, terutama pada zaman sekarang dan yang datang. Energi ini dapat berasal dari berbagai sumber seperti air, minyak, batubara, angin, panas bumi, nuklir, matahari, dan lainnya (young, dkk. 2007: 2002).

Listrik sekarang ini telah menjadi kebutuhan pokok yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia di era modern ini (Trismidianto. 2012: 01). Semua kebutuhan manusia yang berkaitan dengan peralatan membutuhkan listrik sebagai sumber energinya. Misalnya dalam kehidupan sehari-hari yaitu lampu, setrika, mesin cuci, televisi dan kipas angin. Energi listrik bersumber dari muatan listrik yang dapat menimbulkan listrik statis atau Bergeraknya elektron pada konduktor (Archi W. 1991: 04).

Saat ini orang-orang di seluruh dunia telah memikirkan tentang sumber energi alternatif, sebab kita tidak lagi dapat mengandalkan minyak bumi sebagai sumber energi utama. Cadangan persediaan minyak bumi semakin menipis, sebelum minyak bumi benar-benar habis maka kita harus mencari sumber-sumber energi alternatif lainnya (Trismidianto. 20012: 01).

Para ahli telah mencari alternatif energi di alam yang tidak bakal habis. Alam menyediakan sumber energi itu dan terus menyediakan untuk kita. Itulah mengapa sehingga kita sering menyebutnya sebagai sumber daya yang dapat diperbaharui (tarbarukan) dimana alam dapat menyediakan sumber daya itu setelah dipakai (Guntoro. 2008: 01).

Para era modern saat ini, negara-negara maju banyak yang berahli ke pemanfaatan energi-energi alternatif yang ramah lingkungan, pada umumnya sebagai tenaga penggerak untuk pembangkit listrik (Archi W. 1991: 03). Mau tidak mau sudah saatnya kita di Indonesia memulai juga pengembangan energi alternatif tersebut. Apalagi, hampir semua energi alternatif yang dikenal terdapat di alam Indonesia. Tinggal kemudian kemauan kita untuk mengolahnya menjadi energi siap pakai. Sehingga sumber-sumber energi listrik yang tak terbaharui di alam seperti fosil, gas alam, batubara dan minyak bumi. Pemakaiannya dapat dikurangi karena sumber energi seperti ini jika digunakan secara terus-menerus dapat menipis dan tidak dapat digunakan lagi. Sedangkan sumber energi lain yang dapat diperbaharui melimpah di alam, tetapi masih minim penerapannya (Herlamban. 2007: 04).



Pasokan listrik di Indonesia sendiri biasa dipasok dari pembangkit-pembangkit listrik seperti, PLTU, PLTS, PLTG, PLTA dan PLTD. Pembangkit energi seperti ini dibangun di Indonesia dikarenakan iklim cuaca tropis yang mendukung kinerja pembangkit-pembangkit tersebut (Guntoro. 2008:02).

Pembangkit listrik tenaga air (PLTA), pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD), dan pembangkit listrik geotermal (PLTG) yang ternyata keberadaannya masih belum memenuhi kebutuhan listrik negara karena pertumbuhan jumlah pemakai listrik mencapai 15% sedangkan perkembangan yang direncanakan hanyalah 75%. Adapun contoh lainnya masih banyak daerah terpencil di pelosok negeri yang belum pernah merasakan fasilitas listrik (Guntoro. 2008:06).

Salah satu sumber energi listrik yang bagus dikembangkan di Indonesia adalah energi listrik yang bersumber dari tumbuhan. Iklim tropis di Indonesia yang menghasilkan beraneka macam tumbuhan yang melimpah di alam sangat bagus untuk dikembangkan menjadi sumber energi listrik alternatif (Herlamban. 2007: 06).

### **C. Pengertian Energi Angin**

Angin merupakan udara bergerak yang disebabkan karena adanya perbedaan tekanan pada atmosfer bumi. Perbedaan tekanan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kelembapan, temperatur dan cuaca pada suatu wilayah. Berdasarkan hukum gas ideal, temperatur berbanding terbalik dengan tekanan, dimana temperatur yang tinggi akan memiliki tekanan udara yang rendah, begitu

juga sebaliknya jika temperature/suhu yang rendah akan memiliki tekanan udara yang tinggi. Pada akhirnya kondisi ini menimbulkan pergerakan udara, perubahan temperatur/suhu antara siang dan malam merupakan faktor yang dominan dalam pergerakan udara yang nantinya mengakibatkan hembusan-hembusan angin dengan kecepatan tertentu. Perubahan temperatur juga mempengaruhi perubahan arah angin, misalkan pada malam hari angin bergerak dari wilayah yang lebih tinggi ke arah yang rendah sedangkan pada siang hari angin lebih banyak bergerak dari wilayah yang rendah ke wilayah yang lebih tinggi karena adanya perbedaan tekanan dan perbedaan temperatur.

Secara global, angin terbentuk karena adanya perpindahan tekanan udara dari daerah tropis ke daerah yang lebih dingin atau daerah subtropis maupun daerah kutub, perubahan musim dan besar cahaya matahari juga mempengaruhi pergerakan angin secara global. Namun, pada beberapa wilayah perubahan musim tidak akan mempengaruhi arah angin daerah tersebut, seperti pada wilayah-wilayah yang terletak pada garis ekuator. Hal ini disebabkan karena perputaran tekanan udara pada atmosfer bumi akan selalu melewati daerah khatulistiwa sepanjang tahun, sehingga daerah pada garis khatulistiwa memiliki potensi energi angin yang lebih banyak daripada daerah subtropis maupun daerah kutub.

Energi angin memiliki energi kinetik yang pada prosesnya dapat dikonversi menjadi energi listrik dengan melewati beberapa tahapan dalam proses konversi energi angin tersebut. Energi kinetik yang akan dikonversi menjadi energi listrik membutuhkan suatu alat tertentu (turbin angin) untuk mengubah energi kinetik dari angin tersebut menjadi energi mekanik yang selanjutnya akan

digunakan sebagai sumber energi penggerak generator yang akan menghasilkan energi listrik. Perlu diketahui bahwa besar daya energi kinetik angin tersebut tidak semuanya dapat dikonversi menjadi energi mekanik oleh sebuah turbin, hal ini disebabkan karena adanya faktor *windlost* yang merupakan sifat alami dari angin yang bergerak secara bebas dengan kecepatan yang cukup berfluktuasi.

#### **D. Potensi Energi Angin**

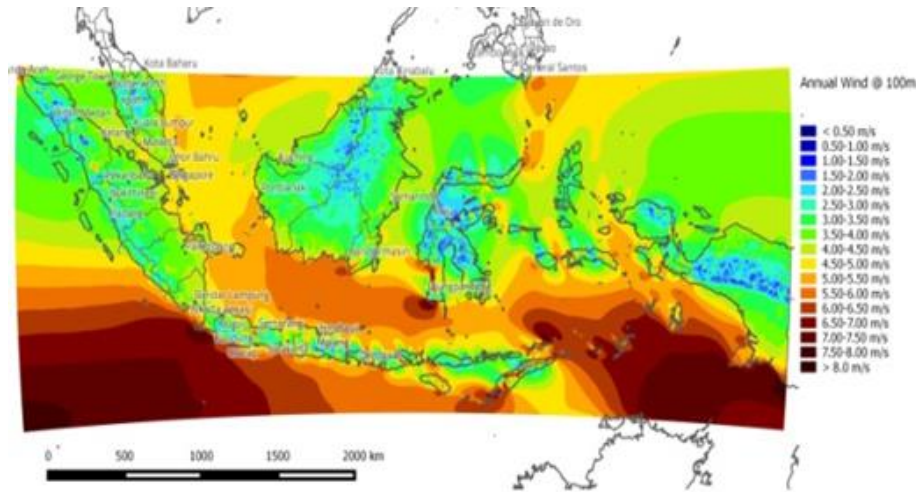
Data potensi energi angin yang baik merupakan salah satu faktor yang menentukan keberhasilan suatu pengembangan dan pemanfaatan energi angin pada daerah yang ingin digunakan untuk pemanfaatan energi anginnya, data ini berupa data kecepatan angin tahunan yang pada umumnya digunakan sebagai tolak ukur utama dalam menyeleksi wilayah-wilayah yang memiliki potensi energi angin yang cukup baik. Tidak hanya itu nilai kecepatan angin tahunan pada daerah dengan skala luas tentu berbeda dengan daerah dengan skala yang lebih kecil, hal ini diakibatkan karena angin merupakan suatu energi yang bergerak secara terus menerus dan tidak konstan, namun memiliki pola atau arah gerak yang dapat diprediksi secara ilmiah.

Pergerakan angin secara umum dipengaruhi oleh tiga aspek utama, yaitu topografi, letak geografis wilayah dan faktor penghambatnya. Topografi atau letak tempat wilayah yang akan ditinjau kecepatan anginnya adalah faktor utama yang mempengaruhi kecepatan angin, misalnya topografi daerah tersebut berada di gunung atau lereng gunung maka kecepatan angin akan cenderung naik. Sebaliknya jika topografi suatu wilayah berada di daerah datar kecepatan anginnya akan cenderung konstan. Hal ini juga dipengaruhi oleh letak geografis

wilayah tersebut, kecepatan angin bisa sangat jauh berbeda meskipun memiliki topografi wilayah yang sama namun memiliki letak geografis yang berbeda. Misalnya, daerah dengan letak geografis di daerah kutub tentu berbeda dengan daerah dengan geografis daerah tropis, tidak hanya itu pohon dan bangunan disekitar wilayah tersebut juga mempengaruhi kecepatan angin maupun aliran angin yang melewati wilayah tersebut. Peristiwa angin ini disebut dengan *Turbulensi*.

#### **E. Energi Angin Di Indonesia**

Negara Indonesia merupakan salah satu negara dengan potensi angin yang sangat baik untuk mengembangkan teknologi rekayasa angin ini. Diantara banyaknya titik-titik pengamatan kecepatan angin di Indonesia, beberapa daerah yang memenuhi syarat kecepatan angin minimal untuk membangun Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Angin) sudah mulai didirikan dan beberapa diantaranya sudah mulai beroperasi. Berdasarkan Jurnal EMD International tentang MCCs atau *Mesoscale Convective Complexes* di wilayah Indonesia yang dipublikasikan oleh *Trismidianto dan H Satyawardhana* pada tahun 2018, potensi energi angin di Indonesia dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.1 Kecepatan Angin Global di Indonesia  
(Sumber: EMD International Paper)

Dari gambar tersebut dapat diperoleh data yang dapat membantu kita dalam memilih daerah dengan tingkat kecepatan angin yang tinggi sebagai wilayah untuk mengembangkan teknologi rekayasa angin di Indonesia. Tidak hanya itu, menurut Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) dalam majalah tahunan yang dirilis data pada tahun 2012, daerah dan potensi energi angin di 153 titik pengamatan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.1: Data potensi energi angin pada beberapa wilayah di Indonesia

Resources Potential	Wind Speed at 50 m (m/s)	Wind Power Density at 50 m ( $\text{W/m}^2$ )	Number of Sites	Provinces
<b>Marginal</b>	3,0-4,0	<75	84	Maluku, Papua, Sumba, Mentawai, Jambi, East & West Nusa Tenggara. South & North Sulawesi, North Sumatera, Central Java, DIY, Lampung, Kalimantan
<b>Fair</b>	4,0-5,0	75-150	34	Central & East Java, DIY, Bali, Bengkulu,

				East & West Nusa Tenggara, South & North Sulawesi
<b>Good</b>	> 5,0	>150	35	Banten, DKI, Central & West Java, DIY, East & West Nusa Tenggara, South & North Sulawesi, Maluku

Sumber: LAPAN Wind Data

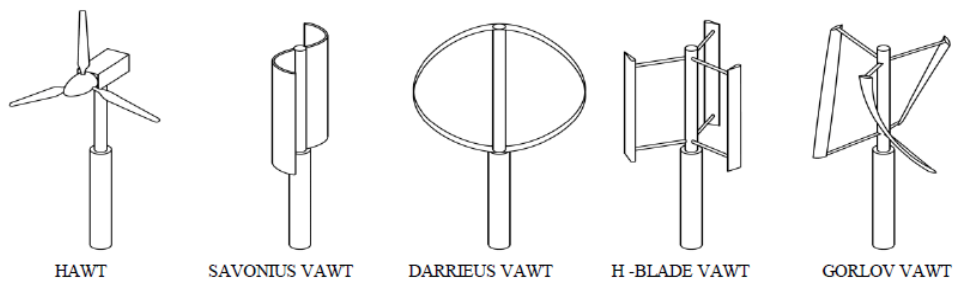
## F. Turbin Angin

Pada dasarnya energi yang dihasilkan oleh angin tidak dapat digunakan secara langsung, oleh karena itu diperlukanlah sebuah alat atau mesin yang mampu mengubah energi kinetik dari angin tersebut menjadi energi mekanik yang pada prosesnya dapat diteruskan menjadi energi listrik. Turbin Angin adalah suatu alat dengan mekanisme yang bergerak secara berputar pada suatu sumbu atau poros yang disebabkan karena adanya dorongan angin, alat inilah yang digunakan untuk mengkonversi energi kinetik angin menjadi energi listrik. Diawal tahun 1890, turbin angin diperkenalkan di Denmark dan secara khusus didesain menjadi sumber energi listrik, turbin angin ini menyuplai energi listrik untuk daerah pedesaan, dan pada tahun 1900 dibangunlah turbin angin modern pertama yang menggunakan *Gear Box* di Cleveland, Ohio. Fungsi dari *Gear Box* tersebut dapat meningkatkan putaran rotor pada turbin, sehingga jumlah putaran oleh energi angin menjadi berlipat ganda, peningkatan putaran pada rotor turbin akan berbanding lurus dengan besar energi yang dihasilkan.

Turbin angin itu sendiri memiliki jenis dan karakteristik yang berbeda, baik menurut diameter, jumlah sudut maupun bentuk sudutnya. Tidak hanya itu, jenis suatu turbin angin memiliki koefisiensi daya ( $C_p$ ) dan *tip speed ratio* (TSR)

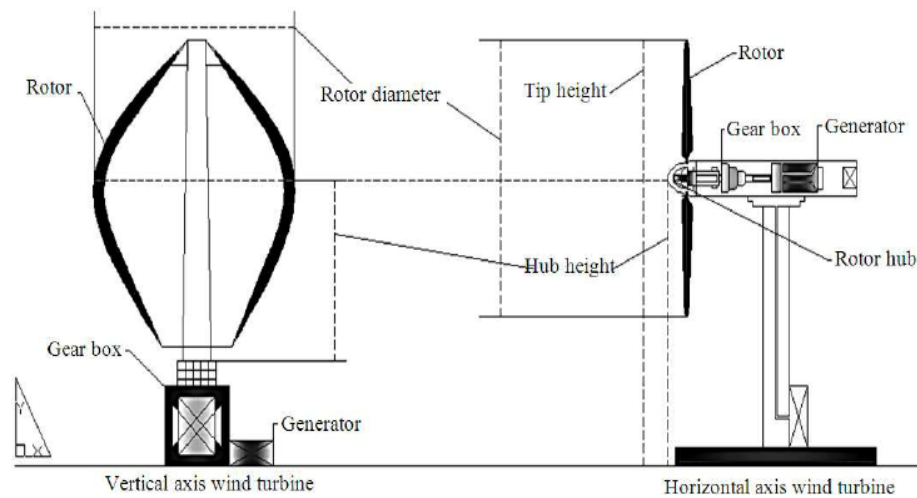
yang berbeda, tergantung model desain yang dibuat. Oleh karena turbin angin merupakan alat konversi listrik yang sangat besar peluangnya untuk dikembangkan lebih lanjut.

Pada dasarnya, jenis-jenis turbin angin dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu *Horizontal Axis Wind Turbine* (HAWT) dan *Vertical Axis Wind Turbine* (VAWT). Perbedaan jenis turbin angin tersebut dapat dilihat seperti pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Jenis-jenis turbin angin  
(Sumber: <http://researchgate.net>)

Terdapat banyak perbedaan antara dua jenis turbin ini, salah satunya adalah pada jenis konstruksi dan mekanisme turbin. Perbedaan konstruksi antara HAWT dan VAWT dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 2.3 Perbedaan Kontruksi VAWT dan HAWT  
(Sumber: <http://researchgate.net>)

#### a. *Vertical Wind Axis Turbine (VAWT)*

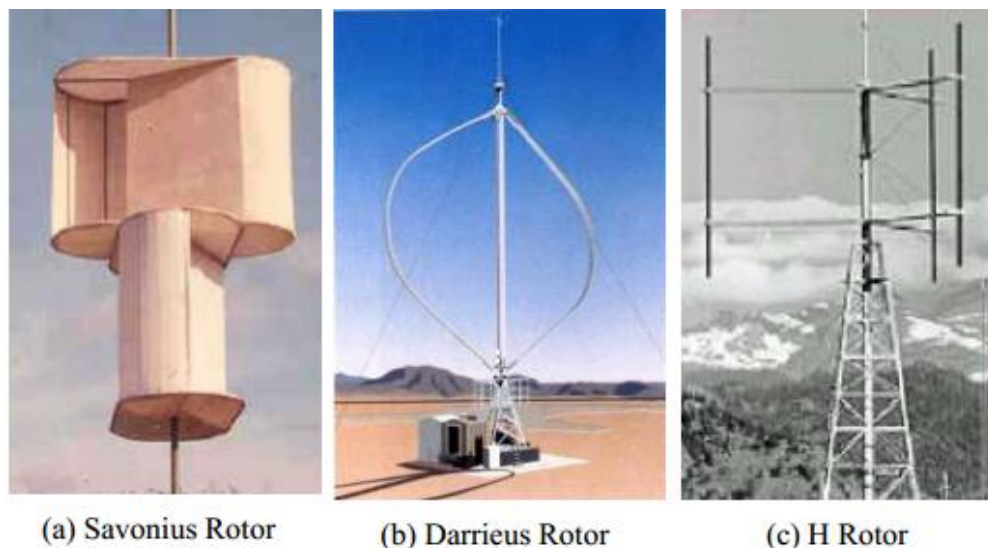
VAWT merupakan jenis turbin angin yang menggunakan kincir angin dengan poros arah vertikal atau tegak lurus dan rotor yang sejajar dengan arah angin. Karena bentuknya tersebut, jenis turbin angin ini dapat memanfaatkan energi angin yang berhembus dan berputar dari segala arah. Sama seperti HAWT, VAWT sendiri juga memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan yang dimiliki VAWT yaitu dapat berputar meskipun pada kecepatan angin yang rendah, dinamo atau generator ditempatkan dibagian bawah turbin sehingga untuk masalah *maintenance* atau perawatan jauh lebih mudah dibandingkan dengan HAWT.

Selain itu, *noise* atau suara bising yang ditimbulkan hampir mendekati angka 0 dB. Kekurangan pada VAWT itu sendiri terletak bentuk kontruksinya, selain beban dari turbin yang memberikan gaya gesek yang lebih banyak terhadap bagian leher turbin, VAWT juga memerlukan tower, hal ini diakibatkan karena kecepatan angin bagian permukaan sangat rendah, sehingga jika tidak memakai



tower turbin ini akan menghasilkan putaran yang rendah dan efisiensi yang rendah pula.

Pada awal perkembangan VAWT, turbin ini hanya digunakan untuk mengkonversikan energi kinetik dari angin menjadi energi mekanik yang biasa dimanfaatkan pada pengairan, namun seiring dengan perkembangan desain dan penelitian, desain turbin tipe ini mulai digunakan untuk mengkonversi energi kinetik angin menjadi energi listrik skala kecil. Secara umum ada 3 jenis atau tipe rotor pada VAWT, tipe rotor ini yaitu: Savonius, Darrieus dan H rotor.



Gambar 2.4 Tipe-tipe *Vertical Wind Axis Turbine* (VAWT)

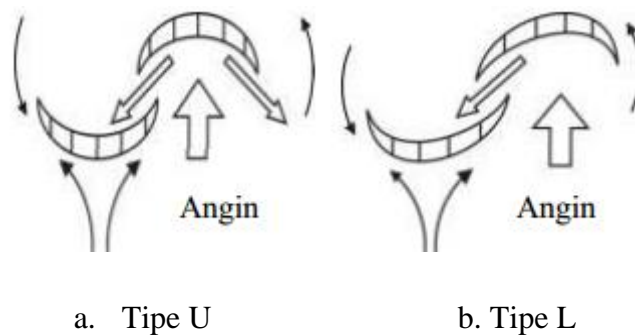
### G. Turbin Angin Savonius

Turbin ini ditemukan oleh seorang sarjana asal Finlandia yang bernama Sigurd J. Savonius pada tahun 1922. Pembuatan turbin ini sangat sederhana pada awalnya, karena hanya tersusun oleh dua buah kincir yang berbentuk setengah silinder, seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.5 Bentuk Rotor Savonius

Tipe rotor ini memanfaatkan daya *drag* atau kecepatan putar dari rotornya, angin yang berhembus pada salah satu bilah rotor akan mengalir melalui celah disekitar sumbu atau porosnya, sehingga pada konsepnya akan tersedia daya dorong tambahan pada bilah rotor ini, dengan adanya daya dorong tambahan ini maka rotor akan berputar lebih cepat. Berikut adalah skema aliran angin pada turbin angin Savonius:



Gambar 2.6 Skema Aliran Angin Turbin Angin Savonius

Pada tipe-U aliran udara terlihat sama besar pada kedua bilah rotornya, sedangkan pada tipe-L aliran udara pada bilah yang lurus lebih besar. Hal ini

sesuai dengan konsep dasar turbin angin Savonius, dimana aliran udara pada rotor akan memberikan daya dorong tambahan pada bilah rotor lain.

#### **H. Turbin Angin Darrieus dan H-Rotor**

Turbin angin Darrieus adalah VAWT yang memiliki efisiensi yang tinggi dan mampu menghasilkan torsi yang cukup besar pada putaran dan kecepatan angin yang tinggi, turbin angin ini sering divariasikan dengan tipe turbin angin H-rotor yang menggunakan *vertical blade* sebagai rotornya. Turbin angin ini merupakan turbin dengan rotor modern yang mengalami banyak perkembangan dibidang desain dan konstruksinya.

Pada umumnya turbin jenis ini dibangun dengan memvariasikan jenis dan jumlah blade turbin, baik menggunakan 3 sudut, 4 sudut dan seterusnya, hingga didapatkan nilai torsi dan koefisien daya yang optimal, meskipun berada pada variasi kecepatan angin yang bergerak secara acak. Menurut NACA (*National Association for Campus Activities*), profil dari setiap blade baik yang simetris maupun yang non-simetris akan mempengaruhi kinerja blade dari turbin darrieus. NACA sendiri telah menetapkan berbagai profil *blade* untuk menjadi bahan rujukan disetiap pengembangan turbin angin Darrieus.

#### **I. Mekanika Fluida**

Mekanika fluida merupakan cabang dari mekanika terapan yang berhubungan dengan pola gerakan fluida baik dalam keadaan bergerak atau dalam keadaan diam. Fluida merupakan zat-zat yang mampu mengalir dan dapat menyesuaikan dengan bentuk wadahnya. Jenis fluida dapat digolongkan menjadi dua bentuk, yaitu fluida cair dan fluida gas. Perbedaan fluidan cair dan gas yaitu

terdapat pada sifatnya, fluida dalam bentuk cairan bersifat inkompresibel sedangkan fluida dalam bentuk gas bersifat kompresibel, tidak hanya itu fluida dalam bentuk cairan mengisi wadahnya dalam volume tertentu sedangkan fluida dalam bentuk gas mengisi wadahnya dalam bentuk massa dan mengembang hingga memenuhi seluruh bagian dari wadah tersebut.

Secara umum dalam bentuk yang lebih luas fluida dibedakan menjadi dua bagian, yaitu fluida statik dan fluida dinamik. Dalam fluida statik ini, fluida berada dalam keadaan diam dan berat dari fluida tersebut merupakan sifat yang paling penting. Sedangkan dalam fluida dinamik, fluida diselediki dalam keadaan bergerak atau mengalir. Terdapat setidaknya tiga prinsip dasar dalam meneliti fluida dinamik yaitu :

1. Prinsip Kekentalan Massa
2. Prinsip Energi Kinetik
3. Prinsip Momentum

Ada dua jenis aliran fluida dinamik, yaitu aliran laminar dan aliran turbulen. Dalam aliran laminar, partikel-partikel pada fluidanya bergerak sepanjang lintasan-lintasan lurus dan tidak saling bersilangan. Sedangkan pada aliran turbulen, partikel-partikel fluidanya bergerak secara acak ke segala arah dan tidak menentu, aliran fluida ini sering disebut juga sebagai turbulensi.

## **J. Wind Deflector**

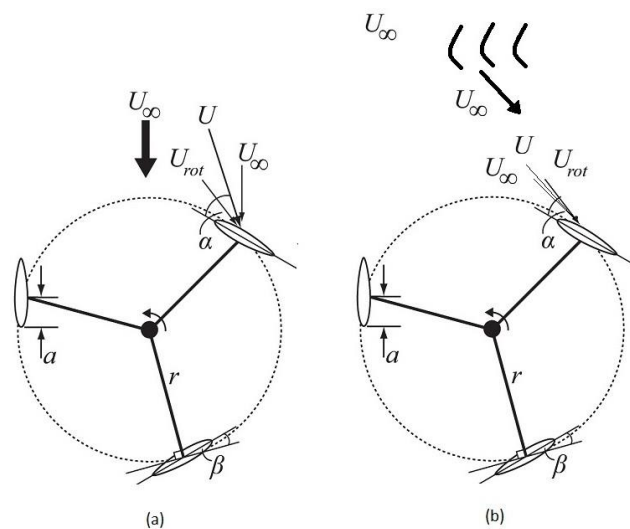
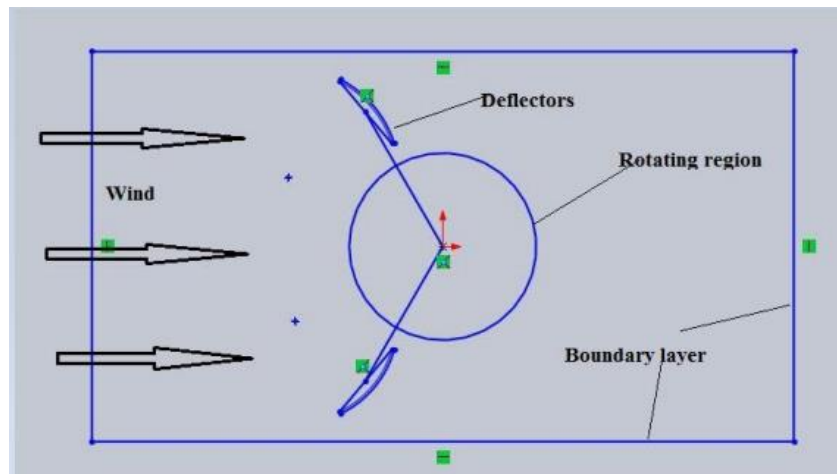
*Wind deflector* adalah konsep dan gagasan baru pada pengembangan kincir angin sumbu vertikal, variasi ini memungkinkan diarahkannya aliran angin yang bergerak secara simultan dan ambigu disekitar turbin, sehingga blade rotor padan

turbin dapat menampung lebih banyak energi angin yang pada prosesnya akan meningkatkan putaran rotor sehingga menghasilkan lebih banyak energi mekanik yang akan diteruskan menjadi energi listrik.

Prinsip kerja konsep *deflector* diterapkan untuk meningkatkan daya angkat pada turbin angin sumbu vertikal savonius juga karena daya angkat atau *returning blade* pada turbin angin sumbu vertikal savonius sejajar dengan arah angin, torsi negatif *returning blade* tidak sebesar seperti turbin angin sumbu vertikal berbasis *drag*. Oleh karena itu, keuntungan didapatkan dari angin yang terhambat secara langsung dari *returning blade* dengan *deflector* lebih kecil dibandingkan turbin angin sumbu vertikal berbasis *drag* Savonius (Chein dan Chung, 1988).

A. Laneville (1986) menyatakan bahwa munculnya fenomena *dynamic stall* akan menyebabkan gaya *lift* atau daya angkat yang merupakan gaya yang menghasilkan torsi pada turbin sumbu vertikal juga menurun. Hal ini tentunya akan menurunkan daya yang dapat diekstrak oleh turbin angin sumbu vertikal savonius. Penurunan daya turbin otomatis juga akan menurunkan koefisien kinerja turbin angin ( $C_p$ ).

Konsep penggunaan dan prinsip kerja dari *Wind Deflector* dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.7 Konsep penggunaan *wind deflector*

Namun sebaliknya untuk turbin angin dengan *wind deflector* semakin besar sudut *pitch* maka kinerja turbin angin sumbu vertikal Darrieus tipe-H berupa daya yang dihasilkan maupun koefisien kinerja turbin angin semakin naik. Hal ini diduga akibat arah angin diubah oleh *deflector* sehingga sudut serang ( $\alpha$ ) yang dibentuk dari vektor kecepatan *absolute* ( $U$ ) dengan garis *chord* bilah turbin angin lebih kecil daripada turbin angin tanpa *wind deflector* pada sudut *pitch* yang sama, dimana pada sudut serang yang terjadi diduga pada rentang profil bilah NACA

0018 memiliki nilai koefisien *lift* yang besar sehingga gaya *lift* bersih yang terjadi dari kombinasi perubahan sudut serang ke-3 bilah lebih besar daripada turbin angin tanpa *wind deflector*. Hal inilah yang menjadi penyebab terjadinya kenaikan daya yang dapat diekstraksi oleh turbin, kenaikan daya ini tentunya berkorelasi lurus dengan kenaikan koefisien kinerja turbin.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2019 bertempat di Kelurahan Empoang, Kecamatan Binamu, Kabupaten Jenepono.

#### **B. Alat dan Bahan**

Alat yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Avometer
2. Anemometer
3. Tachometer
4. Inverter AC 220V
5. Charger Controller 12/24V 10A
6. Voltmeter digital
7. Mesin Las
8. Mesin Bor
9. Mesin Gerinda
10. Software Google SketchUp 2016

Bahan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Generator 2-Shaft 12VDC@800RPM
2. Baterai Aki 12V/5Ah
3. Lampu LED 1V
4. Seng Galvanis Flat 0.8 mm
5. Seng Aluminum

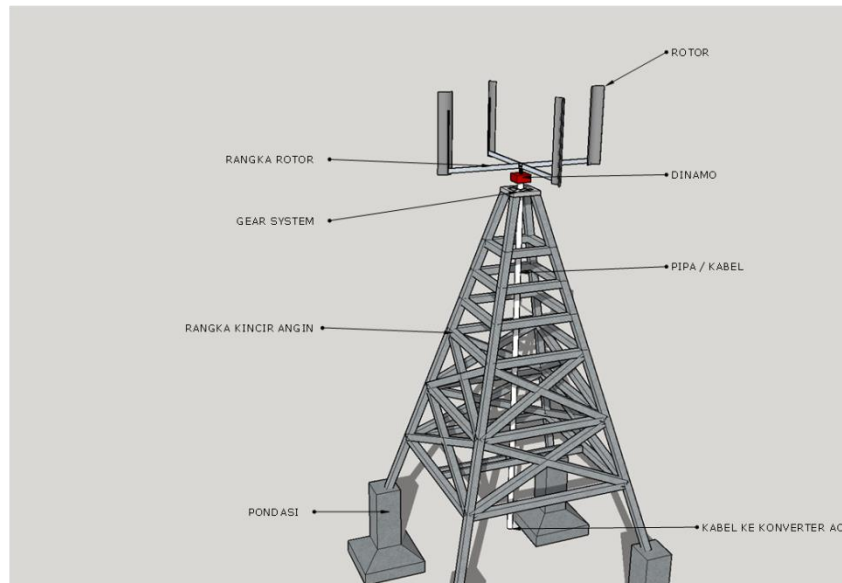


6. Besi Hollow 1 cm<sup>2</sup>
7. Besi diameter 1.5 cm
8. Plat besi 2 cm
9. Pipa diameter 3 cm dan 8 cm
10. Galvalum
11. Gear sepeda diameter 10 cm dan 16 cm
12. Velg sepeda ukuran 14 inch
13. Bearing
14. Rantai
15. Cable Connector
16. Jepit Buaya
17. Baut tipe 3 (6 cm) dan tipe 1 (3 cm)

### **C. Prosedur Penelitian**

Prosedur Kerja yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menyiapkan alat dan bahan yang digunakan
2. Merancang desain awal turbin angin memakai software SketchUp dan berjalan pada sistem operasi Windows 64-Bit.



(Gambar 3.1 Desain Awal Turbin)

3. Membuat desain turbin menggunakan alat dan bahan yang disediakan.
4. Membuat variasi *wind deflector* yang akan dipasang pada lengan turbin angin.
5. Memasang dan merakit turbin yang telah dibuat di lokasi penelitian.
6. Memasang generator dan merakit komponen-komponen elektronik pada turbin.
7. Mengukur kecepatan angin yang berhembus menggunakan *Anemometer*.
8. Mengukur kecepatan putar rotor turbin menggunakan *tachometer* tanpa menggunakan *wind deflector* pada kecepatan angin maksimal
9. Mengukur dan mencatat Tegangan (V) yang dihasilkan generator pada kecepatan angin yang berbeda.

10. Mengukur dan mencatat Arus ( $I$ ) yang mengalir pada generator dengan menggunakan beban berupa lampu LED 1V dan *Charger Controller*.
11. Menghitung daya yang murni dihasilkan generator.
12. Mengamati proses pengisian baterai aki dari *Panel Display Charger Controller*.
13. Memasang *Inverter* AC pada Baterai Aki setelah terisi tegangan 12V
14. Memastikan *Inverter* bekerja secara optimal.
15. Memasang variasi *wind deflector A* pada lengan turbin
16. Mengulangi langkah  $g$  sampai  $k$  pada penggunaan *deflector A*.
17. Memasang variasi *wind deflector B* pada lengan turbin.
18. Mengulangi langkah  $g$  sampai  $k$  pada penggunaan *deflector B*.
19. Mengolah data dalam bentuk tabel disetiap variasi data dengan dan tanpa menggunakan *deflector*.
20. Membuat grafik hubungan Tegangan ( $V$ ), Arus ( $I$ ) dan Daya ( $W$ ) dari setiap tabel data.
21. Menyimpulkan kinerja turbin angin dengan dan tanpa menggunakan *deflector*.

#### **D. Tabel Pengamatan**

Pada penelitian ini, beberapa parameter yang akan diukur dapat ditunjukkan pada tabel sebagai berikut:

1. Tanpa menggunakan *deflector*

Tabel: Paramater yang diukur dalam pengujian kincir angin

No.	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (P)
1	...	...	...	...
2	...	...	...	...
3	...	...	...	...
4	...	...	...	...
5	...	...	...	...
6	...	...	...	...
7	...	...	...	...
8	...	...	...	...
9	...	...	...	...
10	...	...	...	...

2. Dengan menggunakan variasi *deflector A*

No.	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (P)
1	...	...	...	...
2	...	...	...	...
3	...	...	...	...
4	...	...	...	...
5	...	...	...	...
6	...	...	...	...
7	...	...	...	...

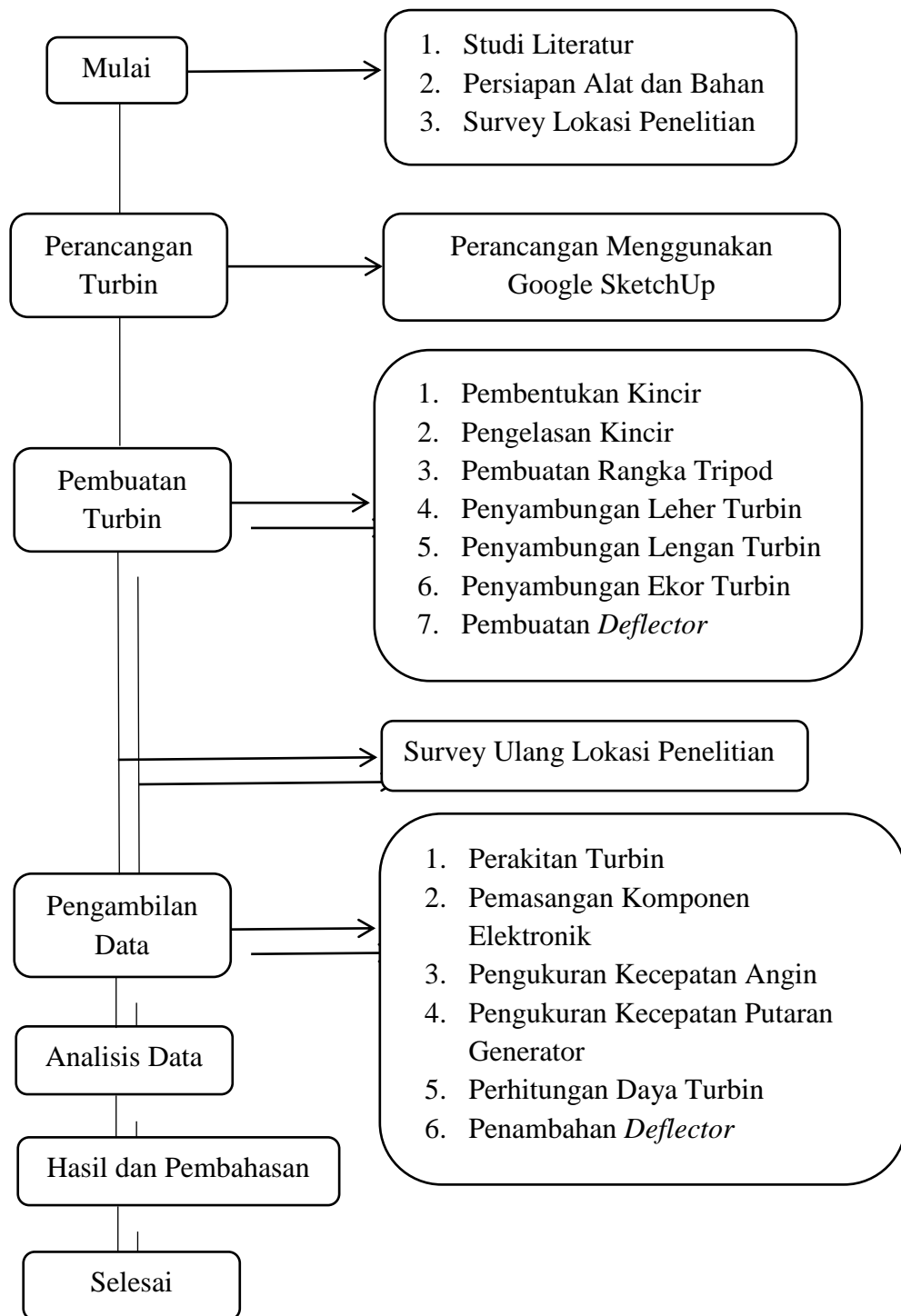
No.	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (P)
8	...	...	...	...
9	...	...	...	...
10	...	...	...	...

3. Dengan menggunakan variasi *deflector* B

No.	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (P)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

**E. Bagan Alir Penelitian**

Adapun diagram alir penelitian dalam menunjukkan langkah kerja pada penelitian ini adalah seperti pada diagram dibawah ini.



## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **A. Hasil Penelitian**

##### **1. Hasil Prototipe Kincir Angin Sumbu Vertikal Savonius**

Penelitian ini telah dilakukan di Kelurahan Empoang Kecamatan Binamu Kabupaten Jeneponto Provinsi Sulawesi Selatan, pada titik koordinat  $5^{\circ} 68' 02,75''\text{LS} - 119^{\circ} 75' 54,80'' \text{BT}$ . Lokasi penelitian berada ditengah areal persawahan dengan bentuk topografi berupa perbukitan.

Adapun hasil prototipe kincir angin sumbu vertikal savonius dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.1: Hasil rancangan prototipe kincir angin sumbu vertikal savonius

Hasil dari rancangan awal turbin angin yang dibuat telah mengalami beberapa perubahan dan pengembangan yang didapatkan berdasarkan pengalaman dan uji lapangan pada turbin angin yang dilakukan berulang kali. Bahan dari rotor atau blade pada kincir angin yang dibuat mengalami banyak perubahan, mulai dari plat seng tipis, drum plastik, hingga akhirnya penelitian diputuskan untuk memakai seng galvanis flat, yang merupakan campuran dari besi dan aluminium sehingga blade dapat dibentuk dan tetap kuat dalam menampung hembusan angin meskipun pada kecepatan angin di atas 10 m/s. Berikut adalah gambar dari blade kincir dengan bahan seng galvanis yang telah dibentuk *vivid* setengah lingkaran dengan panjang 80 cm dengan lebar 30 cm dan dengan kedalaman 9 cm :



Gambar 4.2 Seng Galvanis Flat yang telah dibentuk

Penggunaan ruji atau *spokes* pada velg sepeda yang penelitian gunakan sebagai poros putar pada turbin pun mengalami perubahan bahan, hal ini dikarenakan ruji pada velg sepeda cenderung mengalami kebengkokan jika terus berputar dalam waktu yang lama, sehingga ruji tersebut digantikan kegunaanya dengan plat besi tipis dengan ketebalan 1 mm sebanyak 8 buah yang dipasang



mengelilingi poros velg sepeda dengan menggunakan teknik pengelasan agar lebih kuat dalam menopang beban dari rotor kincir yang terus berputar seiring dengan besar daya angin yang ditangkap oleh blade pada kincir itu sendiri.



Gambar 4.3 Rangka Kincir pada Turbin

Velg dihubungkan menggunakan pipa dengan diameter 3 cm dengan memakai teknik pengelasan langsung kepada masing-masing poros pada setiap velg yang selanjutnya diberikan plat besi tipis sebagai rangka atau tempat bertumpunya blade pada kincir, seperti yang diperlihatkan pada gambar 4.2.

Bagian utama dari prototipe turbin angin ini adalah tentu saja mini-tower yang berbentuk seperti *tripod* dengan sudut antara masing-masing kaki rangka sebesar  $120^\circ$  yang berfungsi sebagai penopang utama kincir angin. Berbeda dengan HAWT, VAWT memiliki beban dasar pada kincirnya, sehingga memerlukan pondasi atau rangka dasar yang kuat dan dapat menopang beban dari kincir angin tersebut.

Dalam penggunaannya, gaya gesek yang terjadi antara kincir angin dan leher turbin berdampak cukup signifikan pada turbin angin jenis ini. Gaya gesekan ini mengakibatkan perlambatan pada putaran kincir angin yang membuat kinerja turbin mengalami penurunan pada proses putaran diporos kincirnya. Hal ini tentu saja menjadi salah satu perhatian besar dalam pengembangan kincir angin sumbu vertikal savonius, meskipun pemakaian *bearing* dapat mengurangi gaya gesek yang terjadi antara kincir dan leher turbin, gaya gesekan itu tetap memberikan pengaruh yang cukup berdampak negatif terhadap performa turbin angin sumbu vertikal.

Namun, gaya gesekan ini sering kali diabaikan dalam setiap pengembangan kincir angin sumbu vertikal savonius ini, tentunya dengan pemakaian *bearing* dengan kualitas yang baik dan mampu meminimalisir gaya gesekan yang terjadi antara kincir dan leher turbin. Kedua bagian dari turbin ini dihubungkan memakai besi dengan diameter 1,5 cm dengan panjang 100 cm untuk menopang beban kincir agar tidak mengalami kemiringan pada poros putarannya, sekaligus berfungsi sebagai mekanisme pondasi kincir agar tidak terlepas dari rangka utama turbin angin sumbu vertikal dalam penelitian ini.



Gambar 4.4 Contoh *Bearing*

Sistem *gearbox* yang berfungsi memberikan *boost* atau percepatan putar antara kincir angin kegenerator pada turbin angin dengan sumbu vertikal berbeda dengan turbin angin jenis horizontal, jika pada jenis turbin HAWT menggunakan *gearbox* yang didalamnya terdapat mekanisme gear yang dapat memberikan *boost* berlipat ganda, dalam penelitian ini hal tersebut belum dapat diimplementasikan diakibatkan beban dari kincir dan posisi turbin dengan arah vertikal yang dapat membebani dan bahkan merusak mekanisme kerja dari sistem *gearbox* itu sendiri.

Terkhusus pada penelitian ini, penelitian menggunakan gear flat dengan dengan diameter masing-masing 16 cm dan 10 cm sebagai *speed booster* dari kincir angin menuju generator turbin. Gear ukuran 16 cm dipasang tepat diantara penghubung antara kincir dan leher turbin seperti pada gambar 4.3, sementara gear dengan ukuran 10 cm dipasang di generator turbin. Ratio perbandingan gear dapat dituliskan sebagai berikut :

$$R = \frac{G_1}{G_2} = \frac{16}{10} = 1,6$$

Perbandingan ratio gear tersebut mengalami percepatan hingga 16% pada putaran ke generator. Kedua gear tersebut selanjutnya akan dihubungkan menggunakan rantai/*chain*.

Sebagai logika dasar dalam penggunaan gear pada turbin angin sumbu vertikal ini adalah semakin besar ukuran diameter gear yang dipasang dikincir angin dan semakin kecil ukuran gear yang dipasang pada generator, maka *speed boost* atau percepatan yang diberikan juga akan lebih banyak, sehingga rotasi yang terjadi pada kincir angin akan berputar pada putaran yang lebih tinggi.

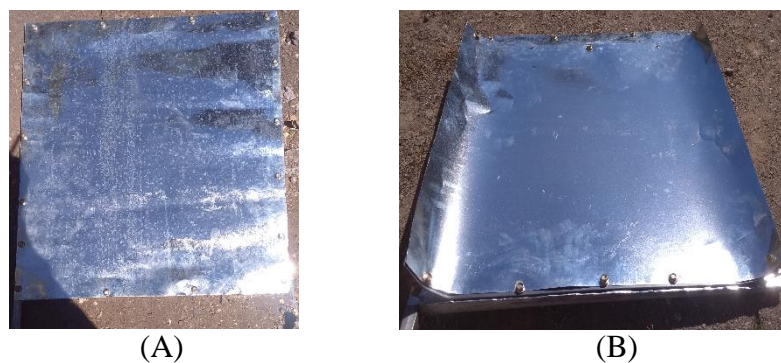


Gambar 4.5 Contoh gear yang digunakan

Komponen utama pada bagian turbin selanjutnya adalah *wind deflection* atau penyearah angin, rangka dari penyearah angin ini dipasang pada bagian bawah leher turbin angin yang disebut lengan turbin. Lengan-lengan ini dipasang dengan jarak antar lengan membentuk sudut 140°, panjang dibuat harus lebih panjang dari jari-jari kincir angin agar tidak menyentuh area rotasi kincir angin dan dapat memberikan ruang yang cukup agar hembusan-hembusan angin yang bergerak secara bebas dapat diarahkan menuju *blade* pada kincir angin.

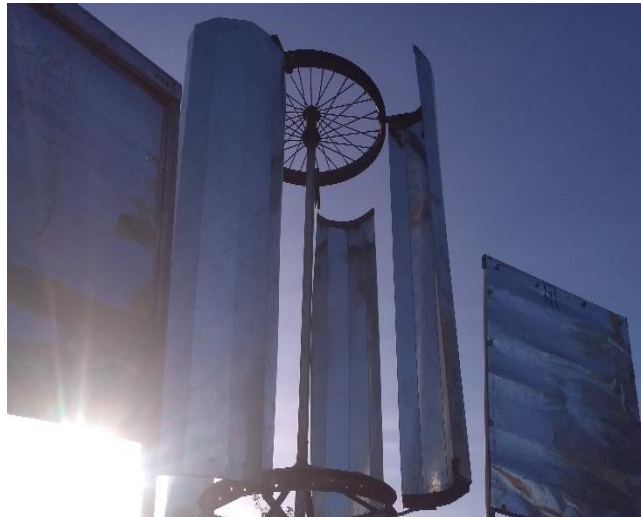
Ada 2 (dua) variasi *deflector* yang digunakan pada penelitian ini, yaitu *deflector A* dan *deflector B*. *Deflector* ini dibuat dengan menggunakan seng tipis dengan ketebalan 0,4 mm yang memiliki rangka berbentuk “P” dan dapat dibongkar/pasang pada lengan turbin.

Jenis-jenis variasi *deflector* yang dibuat pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.6 Variasi *deflector A* dan *Deflector B*

Pada *deflector A*, seng dibuat secara datar/lurus dan memiliki dimensi 50x60 cm, sementara itu *deflector B* ujung dari kedua sisinya dibuat melengkung dengan sudut 45°. Lengkungan ini diharapkan mampu memberikan efek yang lebih baik dalam menyearahkan arah angin, sesuai dengan prinsip aerodinamis yang berlaku. Tentunya penelitian dan riset lebih lanjut sangat dibutuhkan dalam pengembangan *deflector* ini yang merupakan gagasan baru dalam bidang konversi energi angin khususnya pada turbin angin dengan sumbu vertikal seperti pada penelitian ini.



Gambar 4.7 Gambar turbin menggunakan *deflector*

## **2. Hasil Penentuan Daya (Energi Listrik) yang dihasilkan pada Generator**

### **a. Data Turbin Angin Tanpa Menggunakan *Wind Deflector***

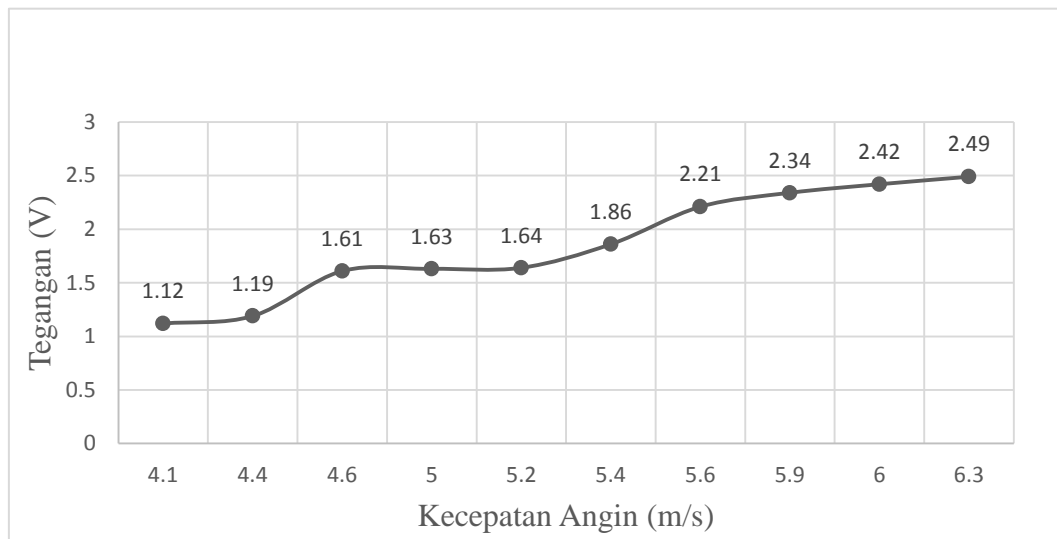
Data yang diperoleh pada penelitian turbin angin tanpa adanya penambahan *wind deflector* sebanyak 10 data, yang masing-masing diperoleh pada kecepatan angin yang berbeda.

Rangkaian pada komponen kelistrikan turbin menggunakan beban lampu LED 1V dan *charger controller* ( $<10\text{ mA}$ ) dengan pengukuran arus dan tegangan langsung dari generator listrik.

Tabel 4.1 Data kinerja turbin tanpa menggunakan *deflector*

No.	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1	4,1	1,12	0,22	0,2464
2	4,4	1,19		0,2618
3	4,6	1,61		0,3542
4	5,0	1,63		0,3586
5	5,2	1,64		0,3608
6	5,4	1,86		0,4092
7	5,6	2,21		0,4862
8	5,9	2,34		0,5148
9	6,0	2,42		0,5324
10	6,3	2,49		0,5478

Pengujian turbin angin tanpa menggunakan *deflector* ini mengalami peningkatan performa seiring dengan meningkatnya kecepatan angin yang bergerak pada lokasi penelitian, tidak hanya itu kecepatan angin yang berfluktuatif bahkan mencapai 8,7 m/s namun fluktuasi angin ini tidak berlangsung lama atau hanya melintas dengan cepat sehingga sangat sulit memperoleh data pada kecepatan angin yang berfluktuasi. Untuk data yang lebih detail mengenai kinerja turbin angin tanpa *deflector* dapat dilihat pada grafik dibawah ini:



Grafik 4.1 Grafik Hubungan Kecepatan Angin Dan Besar Tegangan Yang Dihasilkan Turbin Tanpa Penambahan *Deflector*

Peningkatan jumlah tegangan yang dihasilkan sangat dirasakan pada penelitian yaitu pada kecepatan angin lebih dari 5 m/s. Rata-rata peningkatan tegangan yang dihasilkan generator tentunya akan selalu mengalami perubahan disetiap rata-rata peningkatan kecepatan angin, hal ini di akibatkan karena pada kecepatan angin yang tinggi kincir pada turbin mendapatkan tenaga dorong yang lebih baik dibandingkan pada kecepatan angin yang rendah. Meningkatnya kecepatan angin berbanding lurus dengan meningkatnya jumlah putaran yang dihasilkan kincir angin, sehingga dengan ratio perbandingan antar gear sebesar 16% maka besar jumlah putaran permenit (RPM) dari generator yang diperoleh sebesar 223,4 RPM sebagai jumlah putaran tertinggi selama pengambilan data, sedangkan putaran rata-rata yang diperoleh sebesar 147,7 RPM.



**b. Data Turbin Angin Menggunakan *Deflector* A**

Data yang diperoleh pada penelitian turbin angin dengan penambahan *wind deflector* variasi A sebanyak 10 data, yang masing-masing diperoleh pada kecepatan angin yang berbeda.

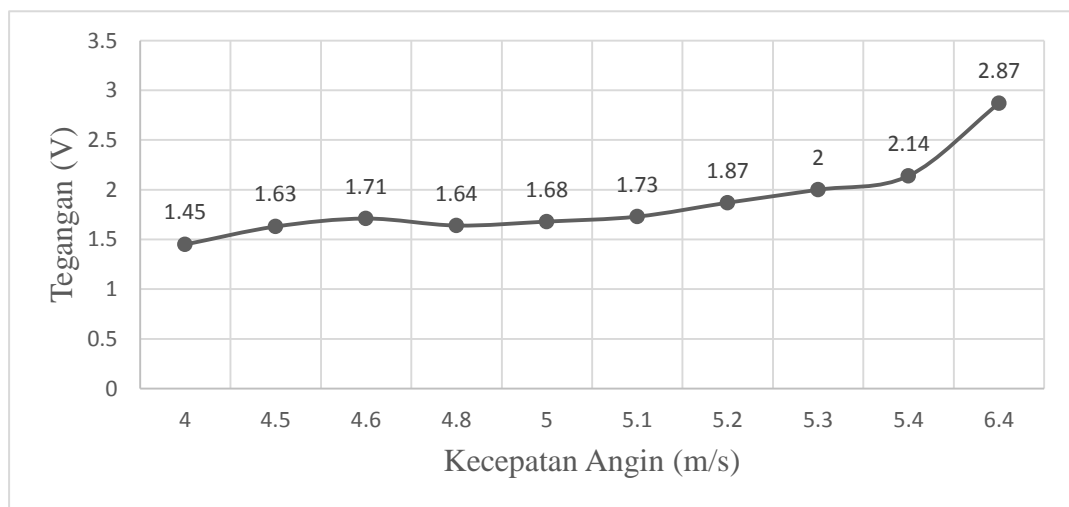
Rangkaian pada komponen kelistrikan turbin menggunakan beban lampu LED 1V dan *charger controller* (<10 mA) dengan pengukuran arus dan tegangan langsung dari generator listrik.

Tabel 4.2 Data kinerja turbin menggunakan *deflector* A

No.	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1	4,0	1,45	0,22	0,3190
2	4,5	1,63		0,3586
3	4,6	1,71		0,3762
4	4,8	1,64		0,3608
5	5,0	1,68		0,3696
6	5,1	1,73		0,3806
7	5,2	1,87		0,4114
8	5,3	2,00		0,4400
9	5,4	2,14		0,4708
10	6,4	2,87		0,6314

Pada pengujian turbin angin menggunakan variasi *deflector* A, tegangan yang dihasilkan cukup stabil pada kecepatan angin dibawah 6 m/s, terkecuali pada data nomor 3 yaitu pada kecepatan angin 4,6 m/s menghasilkan tegangan yang lebih tinggi dari kecepatan angin 4,8 m/s dan 5,0 m/s. Hal ini dipengaruhi oleh perubahan kecepatan angin secara drastis yang berlangsung dalam waktu singkat sehingga menyebabkan kesalahan dalam pengukuran tegangan, baik dari kesalahan pembacaan tegangan dari *avometer* itu sendiri ataupun faktor *human error*.

Berikut adalah grafik dari kinerja turbin menggunakan *deflector* variasi A :



Grafik 4.2 Grafik Hubungan Kecepatan Angin Dan Besar Tegangan Yang Dihasilkan Turbin Dengan Penambahan *Deflector* A

Peningkatan tegangan yang dihasilkan pada *deflector* variasi A ini terjadi secara signifikan pada kecepatan angin lebih dari 6 m/s, tegangan mencapai 2,87 V, 30% lebih tinggi daripada rata-rata peningkatan arus pada kecepatan angin dibawah 6 m/s. Data ini tentu saja merupakan feedback positif dari penggunaan *deflector* variasi ini, yang mampu mengarahkan aliran

angin pada kecepatan yang tinggi dan diteruskan langsung ke area putaran kincir angin yang mendapatkan daya dorong tambahan dari penggunaan *deflector* variasi ini. Efek dari penambahan daya dorong pada kincir angin ini juga berdampak pada jumlah putaran (RPM) pada generator yang mencapai 373 RPM dengan rata-rata putaran selama pengambilan data menggunakan *deflector* variasi ini sebesar 148,3 RPM.

### c. Data Turbin Angin Menggunakan *Deflector* B

Data yang diperoleh pada penelitian turbin angin dengan penambahan *wind deflector* variasi B sebanyak 10 data, yang masing-masing diperoleh pada kecepatan angin yang berbeda.

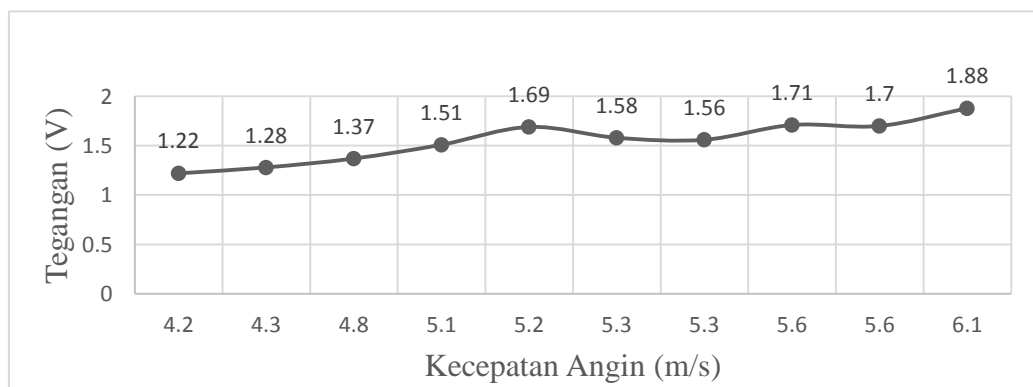
Rangkaian pada komponen kelistrikan turbin menggunakan beban lampu LED 1V dan *charger controller* (<10 mA) dengan pengukuran arus dan tegangan langsung dari generator listrik.

Tabel 4.3 Data kinerja turbin menggunakan *deflector* B

No.	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1	4,2	1,22	0,22	0,2684
2	4,3	1,28		0,2816
3	4,8	1,37		0,3014
4	5,1	1,51		0,3322
5	5,2	1,69		0,3718
6	5,3	1,58		0,3476
7	5,3	1,56		0,3432

8	5,6	1,71		0,3762
9	5,6	1,70		0,3740
10	6,1	1,88		0,4136

Data yang diperoleh pada pengujian menggunakan *deflector* variasi B ini cukup jauh dari ekspektasi dan hipotesa penelitian, bentuk lengkungan pada *deflector* secara teoritis dapat memberikan dampak yang lebih baik dalam menyearahkan aliran-aliran angin kesetiap *blade* pada kincir angin, namun dalam pengujian kinerja yang diperoleh *deflector* variasi B ini lebih kecil daripada penggunaan turbin tanpa *deflector*. Grafik dibawah ini menunjukkan kinerja turbin yang cukup fluktuatif dengan menggunakan *deflector* B:



Grafik 4.3 Grafik Hubungan Kecepatan Angin Dan Besar Tegangan Yang Dihasilkan Turbin Dengan Penambahan *Deflector* B

Dari data yang diperoleh, kinerja turbin angin dengan penambahan variasi B ini bersifat fluktuatif, dimana pada kecepatan angin tertentu besar tegangan yang dihasilkan justru lebih tinggi daripada kecepatan angin yang

lebih tinggi, seperti yang terlihat pada tabel 4.3 nomor 5 dan nomor 8. Torsi rata-rata yang dihasilkanpun terkesan stabil pada kisaran 120,9 RPM.

## **B. Pembahasan**

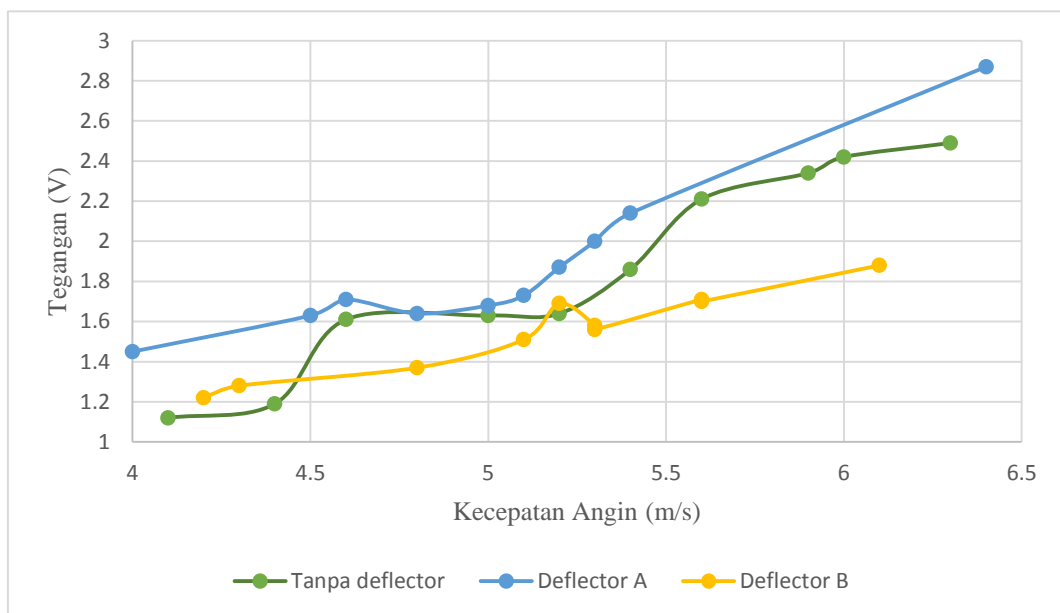
Setelah rancangan/prototipe turbin selesai dibuat menggunakan software *SketchUp* 2016, pembuatan dari rancangan dimulai pada bagian kincir anginnya terlebih dahulu. Kincir angin terlebih dahulu dibuat blade yang berbentuk menyerupai setengah lingkaran dan terbuat dari seng galvanis dengan ketebalan mencapai 0,8 mm, kincir ini memiliki dimensi 30 x 80 cm dengan ukuran jari-jari sebesar 9 cm. Dengan ukuran tersebut kincir angin dapat menampung volume udara atau angin yang bergerak dan pada prosesnya membuat kincir berputar pada porosnya karena adanya energi kinetik dari angin yang dikonversi secara mekanis oleh turbin angin.

Dalam uji lapangan (*test field*), setelah turbin angin mengalami beberapa perubahan, baik dalam bentuk desain maupun dalam segi bahan yang digunakan setelah melewati beberapa rangkaian test dasar. Penelitian dilakukan dengan 3 variasi dasar, yaitu menggunakan tambahan *deflector* yang terdiri dari 2 variasi (variasi A & B) dan tanpa penambahan *deflector* tersebut. Data yang didapatkan setelah pengujian turbin angin pada 3 variasi ini menunjukkan bahwa deflector A memiliki efisiensi yang cukup untuk meningkatkan kinerja turbin angin dalam menghasilkan tegangan listrik yang lebih baik dibandingkan kedua variasi lain. *Deflector* A mampu memberikan tegangan hingga 2,87 V pada kecepatan angin 6,4 m/s, sedangkan pada *deflector* B hanya mampu memberikan tegangan sebesar 1,88 V pada kecepatan angin 6,1 m/s. Kinerja turbin tanpa menggunakan

penambahan deflector juga mampu menghasilkan output tegangan yang baik, yaitu 2,49 V pada kecepatan angin 6,3 m/s.

Kinerja turbin dalam menghasilkan sejumlah besar tegangan berbanding lurus dengan besar torsi atau daya putar yang diterima generator dari kincir angin, rata-rata jumlah putaran turbin tanpa menggunakan *deflector* sebesar 147,7 RPM, sedangkan dengan penambahan *deflector* dengan variasi A dan B masing-masing menghasilkan putaran rata-rata sebesar 148,3 RPM dan 120,9 RPM.

Secara keseluruhan pada hasil penelitian yang didapatkan perbedaan performa dari ketiga variasi yang menjadi fokus utama pada penelitian ini dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



Grafik 4.4 Perbandingan kinerja turbin angin menggunakan 3 variasi *deflector*

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

Kesimpulan hasil penelitian prototipe turbin angin yang telah dilakukan di Empoang Kecamatan Binamu Kabupaten Jeneponto, diperoleh hasil output tegangan tertinggi dihasilkan oleh penambahan deflector A dengan besar tegangan 2,87 V pada kecepatan angin 6,4 m/s dengan besar daya listrik sebesar 0,63 W serta mampu menghasilkan tegangan sebesar 1,45 V dan daya listrik sebesar 0,31 W pada kecepatan angin 4 m/s dengan jumlah putaran pada generator menghasilkan putaran maksimal sebesar 373 RPM. Kinerja yang dihasilkan tanpa penambahan deflector pada hasil penelitian menunjukkan performa yang cukup konstan, yaitu mampu menghasilkan output tegangan sebesar 2,49 V dan besar daya 0,54 W pada kecepatan angin 6,3 m/s serta pada kecepatan angin rendah 4,1 m/s mampu menghasilkan output tegangan 1,12 V dan besar daya 0,24 W, nilai putaran/torsi maksimal yang dihasilkan pada generator selama penelitian tanpa menggunakan penambahan deflector ini sebesar 223,4 RPM dengan rata-rata torsi sebesar 147,7 RPM. Kinerja terendah dihasilkan oleh variasi deflector B yang hanya mampu menghasilkan tegangan sebesar 1,88 V dan daya listrik sebesar 0,41 W pada kecepatan angin 6,1 m/s, sedangkan tegangan dan daya yang dihasilkan pada kecepatan angin terendahnya yaitu 4,2 m/s yaitu sebesar 1,22 V dan 0,26 W, rata-rata putaran yang dihasilkan generator pada deflector ini hanya mencapai nilai torsi sebesar 120,9 RPM.

## **B. Saran**

Untuk pengembangan dan penelitian turbin angin sumbu vertikal tentunya masih jauh dari kata sempurna, banyak hal yang harus diperhatikan dalam setiap pengembangan yang akan dilakukan pada turbin angin jenis ini. Konsep penambahan deflector mampu memberikan kinerja yang lebih baik pada turbin, oleh karenanya gagasan/ide ini masih perlu diteliti lebih lanjut dan dikembangkan secara terus menerus. Bentuk dan variasi dari deflector sangat mempengaruhi kinerja dari turbin, oleh karenanya desain deflector perlu ditinjau baik dari segi teoritis maupun dalam segi pembuatannya. Sudut antara kedua lengan deflector juga perlu diteliti lebih lanjut agar tujuan utama dari deflector ini dapat dipenuhi, yaitu menyearahkan aliran angin tepat ke blade turbin guna memberikan tambahan daya dorong yang pada prosesnya akan menambah daya putar pada kincir angin. Tidak hanya itu, gaya gesek yang terjadi antara kincir angin dan penyangganya perlu menjadi titik perhatian dalam pengembangan turbin jenis ini, posisi kincir yang dipasang secara vertikal tentunya akan memberikan dampak negatif terhadap kinerja pada turbin.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ajao, K.R. dan Mahamood, M.R. 2009. *Wind Energy Conversion System: The Past, The Present And The Prospect*. Journal of American Science. Vol. 5
- A. Laneville, P. Vittecoq. 1986. *Dynamic Stall; The Case Of The Sumbu Vertikal Wind Turbine*. ASME J: Sol.Energy Eng. 108.
- Chein, R. and Chung, J.N, 1988. *Discrete-Vortex Simulation Of Flow Over Inclined And Normal Plates*. Computers and Fluids 16, Page 405–427
- Culp, Archie W. 1991. *Prinsip-Prinsip Konversi Energi*. Jakarta: Erlangga
- Daryanto. 2007. *Kajian Potensi angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu*. Yogyakarta: Balai PPTAGG-UPT-LAGG
- Herlamba S, Indra. 2007. *Mesin Konversi Energi*. Surabaya: Unipress
- Irabu, K., Roy, J.N. 2007. *Characteristics Of Wind Power On Savonius Rotor Using A Guide- Box Tunnel*. Experimental Thermal and Fluid Science Chapter 32.
- Giles, Ranald V. 1990. *Mekanika Fluida dan Hidraulika (SI-Metrik) Edisi Kedua (Terjemahan)*. Jakarta: Erlangga
- Guntoro, W. 2008. *Studi Pengaruh Panjang dan Jumlah Baling-Baling Terhadap Efisiensi Daya Listrik Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin*. Bandung: ITB
- Laneville, P. Vittecoq. 1986. *Dynamic stall: The case of the vertical axis wind turbine*. England : ASME J

- Kamal, Faizul M. 2008. *Aerodynamics Characteristics of A Stationary Five Bladed Vertical Axis Vane Wind Turbine*. Journal of Mechanical Engineering Vol. ME 39 No. 2
- Kementerian Agama RI. 2011. *Al – Qur'an dan Terjemahnya*. Jakarta: Adhi Aksara Abadi Indonesia.
- Mohamed, Janiga. 2010. *Optimization of Savonius turbines using an obstacle shielding the returning blade*. Renewable Energy Chapter 35
- Shihab, M. Quraish. 2002. *Tafsir Al-Mishbah*. Jakarta : Lentera Hati
- Soelaiman, F. Tandian, Nathanael, P dan Rosidin, N. 2006. *Perancangan, Pembuatan dan Pengujian Prototipe SKEA Menggunakan Rotor Savonius dan Windside untuk Penerangan Jalan Tol*. Bandung. ITB
- Trismidianto. 2012. *Study of Mesoscale Convective Complexes in the Indian Ocean to Weather Pattern above Sumatra*. Magister Thesis FITB ITB
- Young, Hugh D, dan Freedman, R.A., 2002. *Fisika Universitas: Jilid 1 Edisi ke 10*. Jakarta: Erlangga.

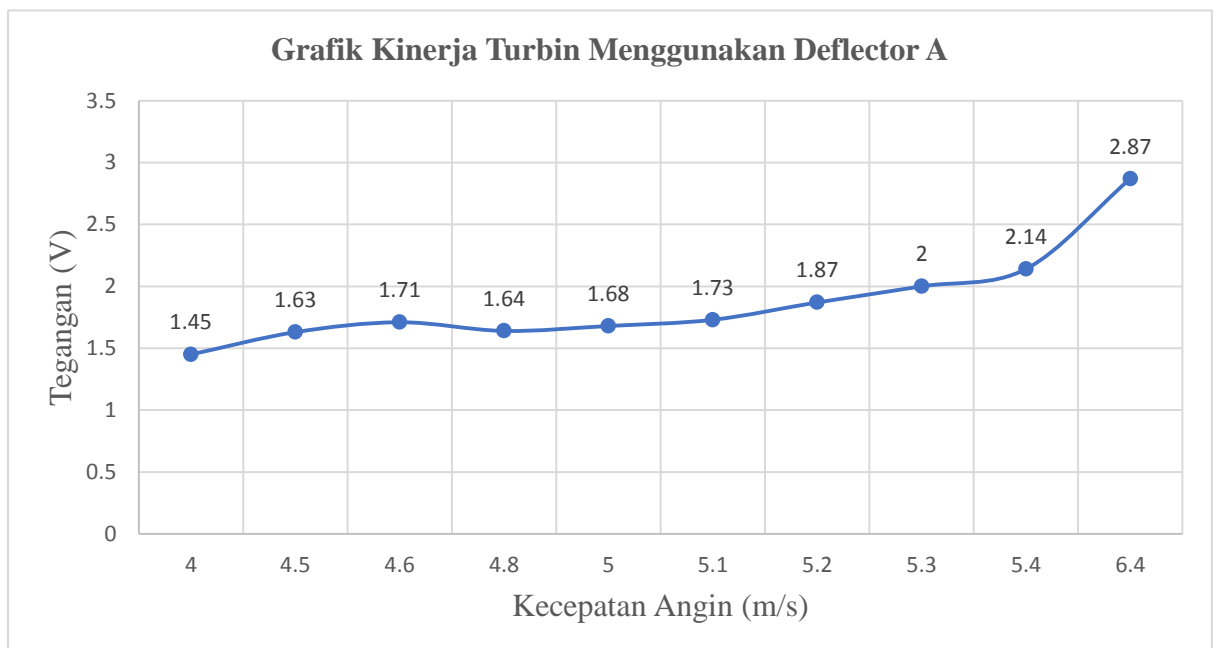
## **RIWAYAT HIDUP**

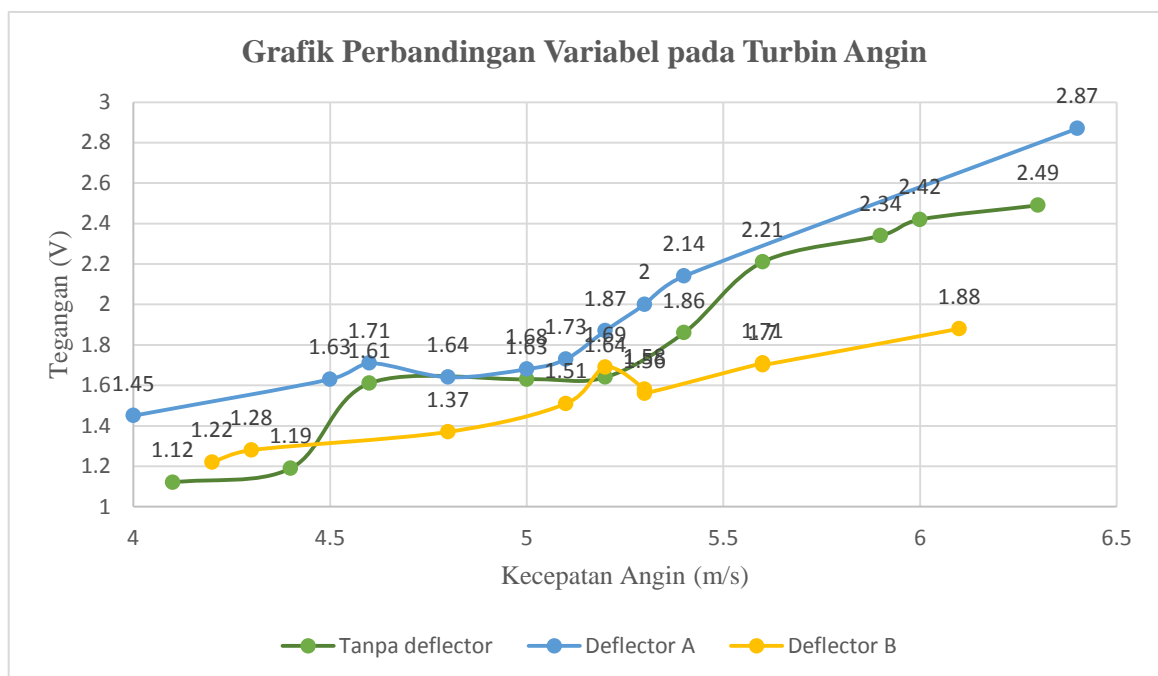
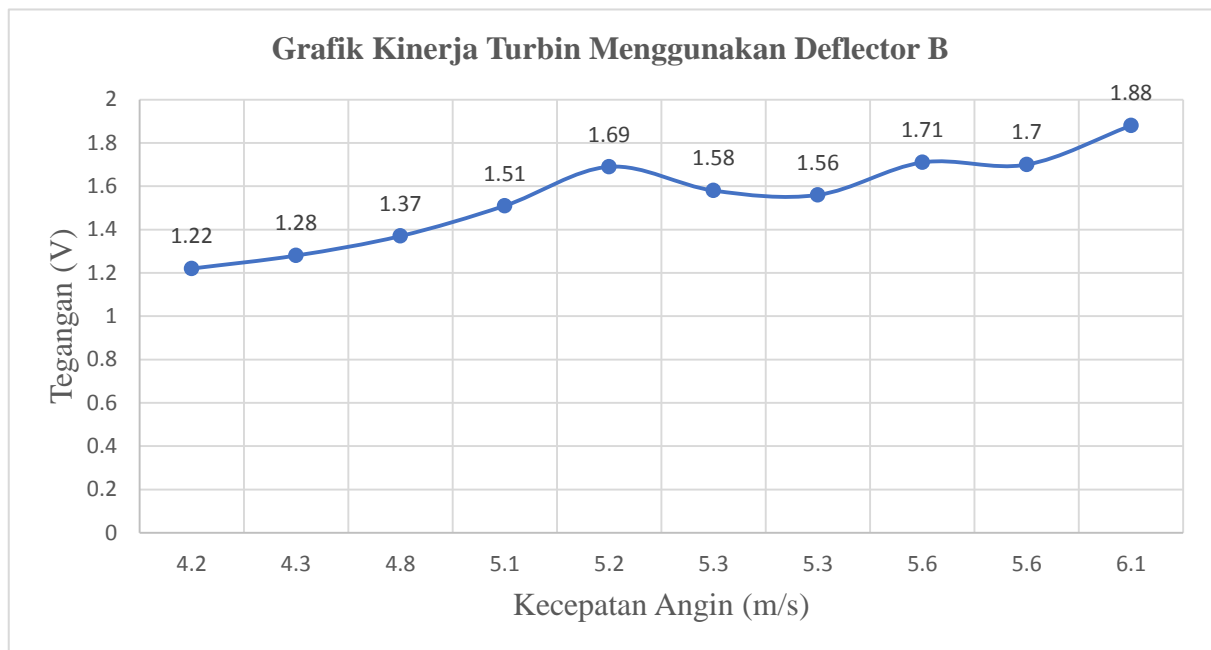


**M. Arif Usman, dilahirkan di Jeneponto, Sulawesi Selatan pada tanggal 21 Mei 1995. Merupakan anak kedua dari tiga bersaudara pasangan dari Usman, S.Pd dan St. Aminah. Pendidikan formal dimulai dari sekolah dasar di SD Negeri 24 Bontang dan lulus pada tahun 2006. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan studinya di Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Binamu dan lulus pada tahun 2009. Setelah lulus, pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikannya di Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri Khusus Kabupaten Jeneponto dan lulus pada tahun 2012. Kemudian penulis melanjutkan pendidikannya ditingkat yang lebih tinggi yaitu kejenjang S1 dan mengambil jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar.**

# LAMPIRAN

## 1. DAFTAR GRAFIK





**2. DOKUMENTASI**  
**a. Alat Dan Bahan**



**GENERATOR DC 12V 60W**



**BATTERY 9AKI 12W)**



**INVERTER DC TO AC 200W**



**CHARGER CONTROLLER**

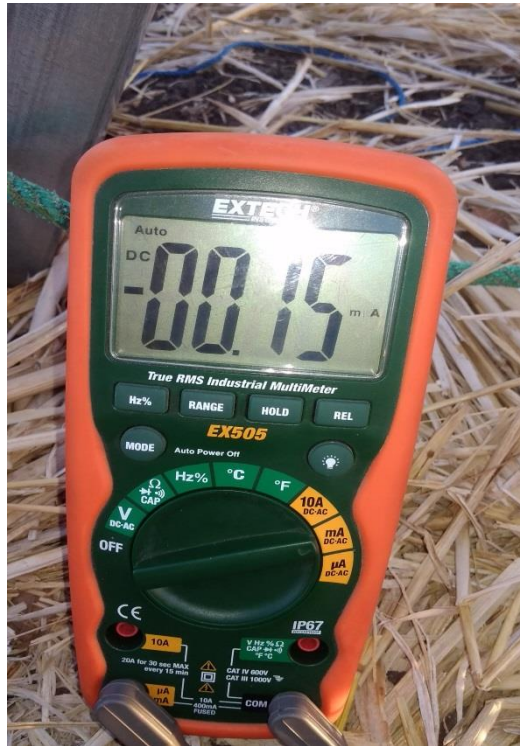




**ANEMOMETER DIGITAL**



**TACHOMETER DIGITAL**



**AVOMETER DUAL OUTPUT DIGITAL**



**UJI COBA PERANGKAIAN ALAT DAN PENGOSONGAN BATTERY (AKI)**

**b. Pengambilan Data**



**FIELD TEST #1**



**SURVEY LOKASI SPOT ANGIN  
DENGAN KECEPATAN KONSISTEN**



**PEMASANGAN WIND DEFLECTOR**



**RECONSTRUCTURE PROTOTIPE**





**PENGUKURAN TORSI PADA TURBIN**



**PENGKURAN ARUS dan Tegangan**



**PENGUKURAN KECEPATAN ANGIN MAKSIMUM DAN MINIMUM  
SERTA KECEPATAN ANGIN RATA-RATA**

